

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN EL DIAGNÓSTICO DE
ROTURA DE LIGAMENTO CRUZADO CRANEAL EN CANINOS**

“por”

Lucas Franco, FANS BAEZ

TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación: Medicina Animal

MODALIDAD: SITUACIÓN PROBLEMA

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2021**

PÁGINA DE APROBACIÓN

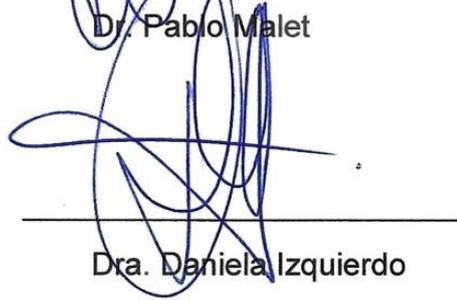
Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:



Dr. Pablo Malet

Segundo miembro (Tutor):



Dra. Daniela Izquierdo

Tercer miembro:



Dr. Fernando Fumagalli

Fecha:

21 de diciembre 2021.

Autor:



Br. Lucas Franco Fans Baez

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que me ha apoyado desde un principio y en todo momento, asegurándose de que puede cumplir con mis metas, estoy muy orgulloso de ellos.

A mi tutora Daniela Izquierdo, por su ayuda, paciencia y apoyo en este proyecto, demostrando ser una excelente docente y profesional, a quien admiro mucho.

A Facultad de Veterinaria que ha sido mi segunda casa, al igual, CENUR Litoral Norte y a la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) por haberme acogido en todos estos años de carrera, brindándome formación académica y personal.

A mis amigos y compañeros, que siempre estuvieron en cada instancia de evaluación y aprendizaje, tanto en éxitos como en decepciones, siempre acompañándome.

Al equipo del quirófano donde disfruté en los últimos años y conocí un grupo de personas excepcionales tanto por su profesionalismo como su calidez humana.

Por último, a los tutores de las mascotas (Mariachi, Ciara, Rulo, Morales, Toby y a las dos Uma), quienes gracias a su colaboración y paciencia, este proyecto pudo llevarse cabo.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

LCCr Ligamento Cruzado Craneal

LCCa Ligamento Cruzado Caudal

RLCCr Rotura Ligamento Cruzado craneal

TPA Ángulo del Platillo Tibial

MMP Metaloproteinasa

OA Osteoartrosis

IRM Imagen de Resonancia Magnética

TC Tomografía Computarizada

AINEs Antiinflamatorios No Esteroideos

SNA Sistema Nervioso Autónomo

BST Body Surface Temperature (Temperatura de la Superficie Corporal)

LM Latero-Medial

CrC Cráneo-Caudal

CdC Caudo-Craneal

ML Medio-Lateral

MPD Miembro Posterior Derecho

MPI Miembro Posterior Izquierdo

SRD Sin Raza Definida

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| PÁGINA DE APROBACIÓN | 2 |
| AGRADECIMIENTOS | 3 |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS | 4 |
| LISTA DE CUADROS Y FIGURAS | 7 |
| RESUMEN | 8 |
| SUMMARY | 9 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 12 |
| 2.1. Recordatorio anatómico del miembro pélvico | 12 |
| 2.1.1. Base ósea | 12 |
| 2.1.2. Musculatura | 13 |
| 2.2 Articulación de la rodilla | 14 |
| 2.3 Biomecánica de la rodilla | 15 |
| 2.4 Ligamento Cruzado | 15 |
| 2.4.1 Ubicación y morfología | 16 |
| 2.4.2 Composición | 16 |
| 2.4.3 Aporte Vascular | 17 |
| 2.4.4 Inervación | 17 |
| 2.4.5 Anatomía funcional | 17 |
| 2.5 Rotura de Ligamento Cruzado | 18 |
| 2.5.1 Etiopatogenia | 18 |
| 2.5.2 Factores predisponentes | 18 |
| 2.5.3 Signos clínicos | 19 |
| 2.5.4 Diagnóstico | 20 |
| 2.5.4.1 Examen físico | 20 |
| 2.5.4.2 Radiografía | 22 |
| 2.5.4.3 Artroscopía | 23 |
| 2.5.4.4 Resonancia magnética | 24 |
| 2.5.4.5 Tomografía Computarizada | 24 |
| 2.5.4.6 Ecografía | 25 |
| 2.5.4.7 Termografía infrarroja | 25 |

| | |
|---|----|
| 2.5.5 Tratamiento | 29 |
| 2.5.5.1 Métodos quirúrgicos | 30 |
| 2.5.5.2 Manejo médico | 30 |
| 3. HIPOTESIS | 31 |
| 4. OBJETIVOS | 32 |
| 4.1. Objetivo general | 32 |
| 4.2 Objetivos específicos | 32 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS | 33 |
| 5.1 Obtención de imágenes termográficas | 33 |
| 5.2 Análisis de las imágenes por computadora | 35 |
| 5.3 Análisis estadístico | 36 |
| 6. RESULTADOS | 37 |
| 6.1. Datos generales | 37 |
| 6.2. Resultados estadísticos de forma poblacional | 38 |
| 6.3. Resultados estadísticos de forma individual | 39 |
| 7. DISCUSION | 40 |
| 7.1 Limitaciones del estudio | 41 |
| 8. CONCLUSIONES | 42 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |
| 10. ANEXO | 49 |

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Tabla 1: Datos generales de la muestra de estudio: Miembro afectado, miembro control, sexo, edad y peso..... | 37 |
| Tabla 2: Análisis descriptivo para peso y edad: media, valor mínimo (V. mín.) y valor máximo (V. máx.)..... | 37 |
| Tabla 3: Datos de temperaturas medias presentadas en grados Celsius (°C) de las rodillas por cada incidencia del miembro con RLCCr y el control (sano)..... | 38 |
| Tabla 4: Análisis estadístico utilizando el “ <i>Test T de Student</i> ” para datos pareados donde comparamos el miembro (RLCCr) con el miembro (Control) según su incidencia: Caudo-craneal (CdC), Cráneo-caudal (CrC), Latero-medial (LM) y Medio-Lateral (ML)..... | 38 |
| Tabla 5: Análisis estadístico utilizando el “ <i>Test T de Student</i> ” para datos pareados de forma individual donde comparamos el miembro (RLCCr) con el miembro (Control) según la temperatura global de todas las incidencias juntas..... | 39 |
| | |
| Figura 1: Representación del espectro electromagnético..... | 27 |
| Figura 2: Cámara FLIR One ® donde se aprecia el sensor termográfico y lente fotográfico..... | 33 |
| Figura 3: Cámara FLIR One® acoplada al teléfono Iphone® y visualización de la termografía infrarroja. | 34 |
| Figura 4: Imágenes termográficas obtenidas de la rodilla derecha de “Mariachi” en posición CdC (A), CrC (B), LM (C) y ML (D). | 34 |
| Figura 5: Imagen del programa de análisis de “FLIR Tools” proporcionada por la empresa FLIR ®, durante la evaluación termográfica de la rodilla derecha en su incidencia LM..... | 35 |

RESUMEN

La rotura del ligamento cruzado craneal (RLCCr) es una de las causas más comunes de claudicación de miembros posteriores, siendo así una de las afecciones ortopédicas más importantes en el perro.

Su etiopatogenia aún hoy permanece en discusión, su diagnóstico se basa fundamentalmente en un correcto examen clínico asociado a una adecuada anamnesis, complementada con métodos colaterales como la radiografía, artroscopía, resonancia magnética, tomografía computarizada y ecografía.

Desde ya hace unas décadas, en medicina veterinaria se ha venido implementando el uso de termografía infrarroja como herramienta de estudio en diferentes ámbitos como lo es en producción animal, medicina, bienestar animal, y fauna silvestre, entre otros.

En cuanto a la aplicación en la medicina veterinaria no hay muchas certezas en cuanto a cuál es el equipo termográfico adecuado y protocolos a seguir en su aplicación.

El objetivo de nuestro trabajo fue evaluar la eficacia en la utilización de la termografía infrarroja como método diagnóstico complementario de rotura de ligamento cruzado craneal en caninos.

Fueron incluidos 7 caninos sin predilección de sexo, edad o peso, diagnosticados mediante test de compresión tibial y la prueba de cajón con RLCCr. A cada animal se le realizó estudio radiológico para evaluar el grado de osteoartrosis presente al momento del diagnóstico. Las características generales de la población constó de 4 machos y 4 hembras, con RLCCr unilateral, media de edad 6,47 años, media de peso de 23 kg, las razas incluidas fueron: labrador, cimarrón, pitbull, y mestizos. Se tomaron 3 imágenes (lateral, medial y caudal) termográficas infrarrojas por cada articulación femoro-tibio-rotuliana (sana y enferma) siendo el mismo paciente el control. La cámara utilizada fue FLIR One ® acoplada a un teléfono del modelo Iphone ®. El análisis estadístico fue realizado mediante el "Test T de Student" para datos pareados.

Los resultados del estudio en la población demostraron que para la vista latero-medial hay diferencias significativas de temperatura entre la rodilla con RLCCr y la sana, siendo superior en el miembro control. En cuanto al estudio a nivel individual reportó que en 2 caninos hubo diferencias significativas entre ambas rodillas teniendo en cuenta la temperatura global de todas las incidencias, resultando ser mayor la temperatura en el miembro control.

En este estudio concluimos que la cámara termográfica utilizada demostró ser inespecífica para la diferenciación de rodillas con rotura de ligamento cruzado craneal, y que la vista más adecuada es la latero-medial.

Palabras claves: Ligamento cruzado, articulación femoro-tibio-rotuliana, caninos, termografía infrarroja

SUMMARY

The rupture of the cranial cruciate ligament (RLCCr) is one of the most common causes of claudication of the hind limbs, thus being one of the most important orthopedic conditions in the dog.

Its etiopathogenesis still remains in dispute today, its diagnosis is based fundamentally on a correct clinical examination associated with an adequate anamnesis, complemented with collateral methods such as radiography, arthroscopy, magnetic resonance, computed tomography and ultrasound.

For a few decades now, in veterinary medicine the use of infrared thermography has been implemented as a study tool in different areas such as animal production, medicine, animal welfare, and wildlife, among others.

Regarding the application in veterinary medicine, there are not many certainties as to which is the appropriate thermographic equipment and protocols to follow in its application.

The objective of our work was to evaluate the efficacy in the use of infrared thermography as a complementary diagnostic method of cranial cruciate ligament rupture in canines.

Seven canines without predilection for sex, age or weight were included, diagnosed by tibial compression test and the drawer test with CrRLC. Each animal underwent a radiological study to evaluate the degree of osteoarthritis present at the time of diagnosis. The general characteristics of the population consisted of 4 males and 4 females, with unilateral RLCCr, mean age 6.47 years, mean weight 23 kg, the breeds included were: labrador, bighorn, pit bull, and mestizos. 3 infrared thermographic images (lateral, medial and caudal) were taken for each femoro-tibial-patellar joint (healthy and diseased), the same patient being the control. The camera used was FLIR One ® coupled to an Iphone ® model phone. Statistical analysis was performed using the "Student's T test" for paired data.

The results of the study in the population showed that for the lateral-medial view there are significant differences in temperature between the knee with RLCCr and the healthy one, being higher in the control limb. Regarding the individual study, he reported that in 2 canines there were significant differences between both knees, taking into account the global temperature of all incidents, resulting in higher temperature in the control limb.

In this study we conclude that the thermographic camera used in this study proved to be nonspecific for the differentiation of knees with ruptured cranial cruciate ligament, and that the most appropriate view is the lateral-medial view.

1. INTRODUCCIÓN

La rotura del ligamento cruzado craneal es una de las causas más comunes de claudicación de miembros posteriores, siendo así una de las afecciones ortopédicas más importantes en el perro (Hayashi, Manley y Muir, 2004; Innes, Bacon, Linch y Pollard, 2000; McKee y Cook, 2010).

A pesar de que en sus orígenes se creía que era una enfermedad de origen traumático, estudios han demostrado que el origen en la mayoría de los casos es por una condición degenerativa y patológica del ligamento cruzado atribuida a varios factores genéticos, conformacionales, ambientales, inmunológicos e inflamatorios (Bennet et al., 1988; Griffon; 2010).

El ligamento cruzado craneal (LCCr) es el ligamento más estudiado en la medicina veterinaria en los últimos 40 años con respecto a la etiopatogenia y tratamiento (Sample, Vanderby y Muir, 2012). Éste se encuentra dentro de la articulación femorotibial, en la fosa intercondílea extendiéndose diagonalmente hacia caudal, medial y distal cumpliendo la función de control de movimiento de cajón craneal (Arnoczky y Marshall, 1977).

El metabolismo de la matriz del ligamento cruzado está estrechamente relacionado con el metabolismo del líquido sinovial debido a la microvasculatura sinovial circundante. Por lo tanto los procesos inflamatorios de la rodilla contribuyen a la degradación del ligamento (Muir et al., 2007; Yarnall, Chamberlain, Hao y Muir, 2019). La sinovitis es una característica presente en estadios iniciales de la artropatía por RLCCr antes del desarrollo clínico de inestabilidad articular (Sumner, Markel y Muir, 2009).

Los perros afectados por RLCCr, manifiestan comúnmente claudicación de miembro posterior unilateral o bilateral que empeora con el ejercicio. La rotación externa del miembro puede ser evidente al caminar y al sentarse posicionará el miembro hacia afuera con reducción en la flexión, posición denominada “*Sit test*”, además se apreciará atrofia muscular. Al examen de la rodilla, se aprecia efusión articular y refuerzo medial por fibrosis periarticular, dolor a la flexión y extensión, disminución del grado de flexión en casos crónicos (McKee y Cook, 2010; Muir, 2012).

El diagnóstico de esta enfermedad está basado en un examen físico en búsqueda de los signos clínicos, donde las tres presentaciones son la aguda, crónica y las roturas parciales. Se realizan pruebas diagnósticas físicas como la prueba de cajón y el test de compresión tibial, basadas en generar un movimiento tibial hacia craneal con respecto al fémur (Fossum, 2014; Muir, 2012).

El diagnóstico por métodos colaterales, consisten en la aplicación de técnicas que complementan el examen clínico, aportando no solo información para el diagnóstico sino para cuantificar de forma objetiva la gravedad de la enfermedad. La radiografía, artroscopía, resonancia magnética y tomografía computarizada son técnicas que llevan décadas de desarrollo y perfeccionamiento en el uso del diagnóstico de la rotura de ligamento cruzado craneal tanto en medicina humana como veterinaria. Estas técnicas, son métodos de diagnósticos por imagen de tipo invasiva, por lo que conlleva ciertos riesgos, además de su dificultad en el acceso y realización.

La aplicación de la termografía infrarroja, surge como método de diagnóstico por imagen, de no contacto, no invasivo, que mide el calor emitido por una superficie (Clark y Cena, 1977; Love, 1980).

El fundamento de uso en la medicina es que el calor es uno de los signos cardinales de la inflamación, por lo que un aumento de la temperatura podría estar indicando inflamación de puntos cercanos (Head y Dyson, 2001).

En este estudio, se recopilarán fuentes de información que justifiquen el uso de la termografía infrarroja como herramienta diagnóstica en la medicina veterinaria, y especialmente la aplicaremos en el diagnóstico de RLCCr en caninos en búsqueda de una diferencia significativa de temperatura con su miembro homologo contralateral y poder determinar su utilidad como herramienta complementaria al diagnóstico clínico.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Recordatorio anatómico del miembro pélvico

La comprensión anatómica del miembro pelviano es fundamental, ya que aquí se encuentra la articulación y todas las estructuras que componen la rodilla canina, la cual será el tema de estudio en este proyecto.

2.1.1. Base ósea

El miembro pélvico está conformado por los huesos de la cadera formada por el ilion, isquion, pubis y hueso acetabular, hacia distal en la región del muslo se encuentra el fémur, quien articula proximalmente con el acetábulo de la pelvis y distalmente con la tibia. Se asocian a éste los huesos sesamoideos quienes a su vez conforman la articulación de la rodilla. La pierna está formada por tibia y fíbula, y por último el pie el cual incluye a los huesos tarsianos, metatarsianos y los sesamoideos asociados a las falanges formando los dedos. El extremo proximal del fémur consiste en una cabeza hemisférica, cuello y dos trocánteres, en la parte medial se ubica la fóvea, lugar de inserción del ligamento de la cabeza del fémur o ligamento redondo. El trocánter mayor del fémur, ubicado lateralmente a la cabeza y cuello, siendo la tuberosidad más grande en proximal, y entre estas estructuras se encuentra la fosa trocantérica. El extremo distal del fémur articula con la tibia y la patela. La articulación con la tibia con la tróclea femoral se logra mediante dos cóndilos dirigidos caudodistalmente y separados por una fosa intercondilar profunda. Cada cóndilo articula en medial directamente con la tibia, el resto del cóndilo articula con los meniscos. La superficie articular de los cóndilos se continúa próximo-caudalmente con la de los huesos sesamoideos (Dyce, Sack y Wensing, 2012., Evans y de Lahunta, 2013).

La patela es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo, tiene forma ovalada y curva para poder articular con la tróclea del fémur. La base es roma y apunta proximalmente, y hacia distal se ubica el ápex que es levemente más puntiagudo que la base y no se extiende más allá de la superficie articular como lo hace la base. La superficie articular es convexa en todas las direcciones. Se encuentra incluida en el tendón extensor de la rodilla, el m. cuádriceps femoral. La parte que va de la inserción en la tuberosidad tibial y la patela se denomina ligamento patelar (Evans y de Lahunta, 2013).

La tibia es un hueso delgado que se encuentra por medial de la pierna, articula proximalmente con el fémur y distalmente con el tarso y lateralmente tanto a proximal como en distal articula con la fíbula o peroné. El extremo proximal de la tibia es relativamente plano y triangular con una tuberosidad craneal que se continua hacia distal en forma de cresta, está conformado por dos cóndilos que proveen una superficie articular proximal y una eminencia intercondílea para las uniones ligamentosas el cual divide la superficie articular en un cóndilo medial y otro lateral. A pesar de que las superficies articulares de ambos cóndilos lucen similares, la del cóndilo medial es oval y la del lateral es casi circular (Dyce et al., 2012., Evans y de Lahunta, 2013).

La articulación femorotibial tiene dos meniscos fibrocartilaginosos interpuestos entre los cóndilos, femoral y tibial, son discos incompletos que están abiertos hacia el eje del hueso. Los bordes centrales de estos cartílagos con forma de “C” son delgados y cóncavos, y los márgenes periféricos son gruesos y convexos. Cada menisco está asegurado por ligamentos que se extienden entre sus extremos craneal y caudal y el área no articular central del extremo proximal de la tibia; el menisco lateral está también fijado caudalmente a la fosa intercondilar del fémur (Dyce et al., 2012; Evans y de Lahunta, 2013).

La fíbula es un hueso largo, delgado, que se encuentra a lateral de la pierna, articula proximalmente con la parte caudolateral del cóndilo lateral tibial y distalmente con la tibia y el talus (Evans y de Lahunta, 2013).

2.1.2. Musculatura

Los músculos proporcionan la propulsión para llevar a cabo la locomoción, la fuerza que se genera por estos músculos es transmitida al tronco a través de las articulaciones coxofemoral y sacroilíaca, las cuales son sostenidas por los músculos del miembro pélvico (König y Liebich, 2016).

Los músculos que actúan en la cadera están ordenados en los grupos glúteo, medial, profundo y caudal. El grupo muscular glúteo comprende los músculos glúteo superficial, glúteo medio, glúteo profundo y tensor de la fascia lata (Dyce et al., 2012).

Hay dos grupos musculares que actúan principalmente sobre la articulación femoro-tibio-patelar, uno extensor y otro flexor. En la cara craneal al fémur se encuentra el cuádriceps femoral que es el extensor principal de la articulación femoro-tibio-patelar y está formado por cuatro porciones musculares, separadas en sus orígenes pero unidas distalmente. Una, el recto femoral, emerge del cuerpo del ilion inmediatamente craneal al acetábulo. Los otros tres, el vasto medial, el vasto intermedio y el vasto lateral, nacen de las caras medial, craneal y lateral del cuerpo femoral, respectivamente. A simple vista, se observa que la inserción del tendón común ocurre en la patela, pero se lleva a cabo realmente sobre la tuberosidad tibial, ya que el tendón muscular continúa distal a la patela por el o los ligamentos patelares (Dyce et al., 2012; Evans y de Lahunta, 2013). En la cara lateral del muslo se encuentra el músculo bíceps femoral, éste es largo y grande extendiéndose desde la región de la tuberosidad isquiática hacia el calcáneo. Se origina por dos cabezas desiguales, una craneal y superficial y otra caudal, más pequeña y profunda. En la cara caudal del muslo se encuentra el músculo semitendinoso originándose caudal y ventrolateral de la tuberosidad isquiática entre el bíceps femoral y el semimembranoso. El semimembranoso enteramente muscular se origina caudal y medialmente al m. semitendinoso en la tuberosidad isquiática, se separa en dos vientres musculares iguales que se desplazan hasta la superficie medial de la articulación de la rodilla. En la cara medial del muslo se encuentran los músculos aductores, se organizan en superficiales y profundos. En el grupo superficial se encuentra el m. sartorio y el m. gracilis y en el grupo profundo está representado por el m. pectíneo y el aductor. Los músculos de la pierna se encuentran en la superficie craneal, lateral y caudal de la superficie tibial y del peroné, y la superficie medial permanece

libre. Craneal y lateralmente se encuentran los extensores de las articulaciones digitales y flexores del tarso y caudalmente los flexores de las articulaciones falángicas y extensores del tarso. En caudal de la pierna se encuentra el m. gastrocnemio el cual se divide en dos cabezas una medial otra lateral, se origina en la tuberosidad supracondílea del fémur y se insertan en los sesamoideos y luego como tendón único en la tuberosidad del calcáneo. Por último en m. poplíteo que es pequeño y se encuentra en la superficie próximo caudal de la rodilla, cubre el aspecto caudal de la capsula articular de la rodilla y la mitad medial del tercio proximal de la tibia. Este músculo está cubierto caudalmente por el m. gastrocnemio (Evans y de Lahunta, 2013).

2.2 Articulación de la rodilla

La articulación de la rodilla es una articulación condilar sinovial compleja. En la extremidad distal del fémur, se encuentran los cóndilos lateral y medial, los cuales articulan con la extremidad proximal de la tibia que es plana formando la articulación femoro-tibial. La incongruencia existente entre el fémur y la tibia está ocupada por dos fibrocartílagos llamados meniscos, uno localizado entre el cóndilo medial adyacente y el otro entre el cóndilo lateral adyacente del fémur y la tibia. Libremente conectada a la articulación femoro-tibial se encuentra la patela, esta articula con la tróclea del fémur formando la articulación femoro-patelar. Otra articulación que conforma a la rodilla es la tibio-fibular, pero no articula con el fémur por lo que no soporta casi peso del animal (Evans y de Lahunta, 2013; König y Liebich. 2016).

Otras estructuras importantes que conforman a la rodilla son las articulaciones entre el fémur y el par de sesamoideos en los orígenes del gastrocnemio y las que se encuentran entre la tibia y el sesamoideo en el tendón del poplíteo (Dyce et al., 2012).

Los meniscos son discos fibrocartilaginosos con forma semilunar, tienen bordes axiales afilados, profundamente cóncavos y abaxiales convexos gruesos. El menisco lateral es ligeramente más grueso y su forma es ligeramente más arqueada que el medial. Se mantienen unidos a la tibia por el ligamento tibial-craneal y tibial-caudal tanto el medial como el lateral, al fémur solo se une el lateral por el ligamento femoral (Evans y de Lahunta, 2013; König y Liebich, 2016; Kowalesky, Boudrieau y Pozzi, 2012).

La capsula articular de la rodilla forma tres sacos los cuales están libremente intercomunicados. Dos de estos están entre los cóndilos femorales y tibiales por medial y lateral, y el tercero está debajo de la patela. Distal a la patela, la capa fibrosa de la parte craneal de la capsula articular contiene una gran cantidad de grasa infrapatelar. Los ligamentos femorotibiales son los colaterales y los cruzados. Los ligamentos cruzados se localizan dentro de la cavidad articular y los ligamentos colaterales se desarrollan de la capa fibrosa de la capsula articular en ambos lados de la articulación. (Evans y de Lahunta, 2013).

2.3 Biomecánica de la rodilla

La articulación de la rodilla permite el movimiento de traslación (próximo-distal, medio-lateral y cráneo-caudal) y rotación (interna-externa, flexión-extensión y abducción-aducción). Debido a que existe una ligera traslación de la tibia en el plano sagital, la articulación de la rodilla no funciona como articulación bisagra pura (Pozzi y Kim, 2012).

A diferencia de la mayoría de las otras articulaciones diartrodiales del perro, la congruencia ósea entre el cóndilo femoral y la meseta tibial añade poco a la estabilidad de la rodilla. En su lugar, los estabilizadores primarios y secundarios de tejido blando proporcionan estabilidad a la rodilla. El LCCr actúa como estabilizador primario de la traslación cráneo-caudal, la rotación interna-externa e hiperextensión de la rodilla. Además el LCCa tiene un papel importante en la limitación de la traslación tibial caudal además de contribuir en evitar la rotación externa-interna (Arnoczky y Marshall, 1977). Los meniscos actúan como estabilizadores secundarios, el grado con el que aporten a la estabilidad dependerá de la integridad de los estabilizadores primarios, en especial el LCCr (Pozzi y Kim, 2012).

La rodilla está sometida a fuerzas de retracción externas del suelo que se transmiten a la extremidad durante la carga, y a las fuerzas internas generadas por la contracción muscular. El cuádriceps y el gastrocnemio ejercen una fuerza craneal sobre la tibia, a la vez que los músculos isquiotibiales y el bíceps femoral ejercen fuerza caudal. Las fuerzas externas e internas no solo comprimen las superficies articulares de la tibia y el fémur sino que crean fuerza de cizallamiento craneal sobre la tibia, denominada empuje craneal tibial (Slocum y Slocum, 1993). El empuje craneal tibial recibe la oposición pasiva del ligamento cruzado craneal y la oposición activa de los músculos isquiotibiales y bíceps femoral. La rotura tiene como consecuencia la traslación craneal de la tibia cuando se apoya la extremidad (Korvick, Pijanowsky y Schaeffer, 1994)

Debido a las interacciones entre estos componentes, una lesión aislada de una banda del LCCr no necesariamente provoca inestabilidad clínicamente detectable (De Rooster, De Bruin y Van Bree, 2006).

2.4 Ligamento Cruzado

El ligamento cruzado craneal (LCCr) es el ligamento más estudiado en medicina veterinaria, a lo largo de los últimos 40 años los estudios se han centrado principalmente en los métodos quirúrgicos para restituir su función después de la rotura así como comprender los mecanismos de degradación histológica y mecánica relacionada con la edad (Sample et al., 2012).

La enfermedad del ligamento cruzado anterior, con o sin patología de menisco asociada, es la causa más común de cojera en el perro. El término enfermedad es utilizado para cubrir un abanico de patologías, que pueden ir desde el estiramiento a la rotura parcial o completa donde en todos los casos se desarrolla osteoartrosis de la rodilla (McKee y Cook, 2010).

2.4.1 Ubicación y morfología

Los ligamentos cruzados se localizan centralmente en la fosa intercondílea. El ligamento cruzado craneal (LCCr) se origina en una fosa, en la cara caudo-medial del cóndilo femoral lateral, muy cerca del borde articular, se extiende diagonalmente (craneal, medial y distalmente) a través del espacio articular uniéndose al área intercondílea craneal del platillo tibial. El ligamento cruzado caudal (LCCa) está unido a una fosa en la cara ventro-lateral del cóndilo femoral medial, corre caudo-distalmente hacia el borde lateral de la tibia. (Arnoczky y Marshall, 1977; Evans y de Lahunta, 2013; Heffron y Campbell, 1978).

El LCCa es más grueso y más largo que el LCCr, se entrecruzan entre ambos en el límite proximal de la fosa intercondílea y se inserta medialmente. Dichos ligamentos cruzados proveen un soporte primario que brindan estabilidad cráneo-caudal y axial de la articulación de la rodilla en todo el rango funcional de movimiento (Arnoczky y Marshall, 1977). El ligamento cruzado craneal controla el movimiento de cajón craneal, mientras que el ligamento cruzado caudal actúa como estabilizador principal contra el movimiento de cajón caudal (Arnoczky y Marshall, 1977; Kowalesky et al., 2012).

2.4.2 Composición

Los ligamentos cruzados son estructuras complejas formadas por una población diversa de células, pero básicamente están formados por agua y fibras de colágeno que transcurren longitudinalmente y paralelas unas a otras siendo principalmente colágeno tipo I, habiendo también cantidades mínimas de tipo V, X, XII, elastina y proteoglicanos. Tienen una estructura jerárquica, compuesto por estructuras más pequeñas denominadas haces o fascículos de fibras, las cuales a su vez están formadas por fibras básicas y fibroblastos los cuales tiene forma de huso u oval ubicados en filas relleno los espacios que dejan los haces de fibras de colágeno. Las fibras de colágeno tienen cantidades variables de ondulaciones favoreciendo la conducción de fuerzas y proporciona resistencia (Heffron y Campbell, 1978; Sample et al., 2011).

El ligamento cruzado está compuesto por colágeno tipo I (90%) y tipo III (10%) y se encuentra cubierto por una membrana sinovial que posee pequeños orificios, que permiten el contacto con el líquido sinovial (De Rooster et al., 2006; Kobayashi et al., 2006).

El tipo de célula predominante en el ligamento cruzado es el fibroblasto, el cual se han descrito tres tipos diferentes: fusiformes, ovoides y esferoides, aunque no está claro si éstas células representan diferentes estados metabólicos de las mismas células o si son fibroblastos claramente diferentes (Hayashi et al., 2004). Los ligamentos cruzados están cubiertos por membrana sinovial, que consiste en tejido conectivo denso, fibroblastos pequeños y algunos adipocitos, sinoviocitos y tejido vascular (Heffron y Campbell, 1978).

2.4.3 Aporte Vascular

La principal contribución vascular del centro de la articulación de la rodilla proviene de las ramas de la arteria genicular central, que surge de la arteria poplítea, penetra en la cápsula articular caudal y pasa cráneo-distalmente a la fosa intercondilar, corriendo cranealmente entre los ligamentos cruzados (Tirgari, 1978).

Kobayashi et al., (2006) demostraron que la membrana sinovial que recubre el ligamento está infiltrada por abundante cantidad de vasos sanguíneos desde el pliegue sinovial detrás de la escotadura intercondilar del fémur y desde la almohadilla adiposa infrapatelar delante de la tibia siendo éstas estructuras el aporte vascular más importante del ligamento cruzado craneal. Internamente a los ligamentos cruzados, rodeando a lo largo de los haces de fibra de colágeno transcurre una red vascular endo-ligamentosa a través del tejido conectivo de soporte.

2.4.4 Inervación

Tres nervios articulares principales salen del nervio safeno, el nervio tibial y el nervio peroneo común para inervar los tejidos periarticulares de la articulación de la rodilla. El tronco principal de los haces nerviosos se encuentra en el final femoral de los ligamentos cruzados. Algunas de estas ramas atraviesan la grasa infrapatelar para terminar dentro de la unión proximal o distal de los ligamentos cruzados o en los meniscos. En los perros, el nervio articular medial, el cual se ramifica del nervio safeno en la región media, es el mayor aporte de la articulación de la rodilla. Los otros nervios que inervan la articulación son el nervio articular caudal y el nervio articular lateral (O'Connor y Woodbury, 1982).

2.4.5 Anatomía funcional

En general la mayor parte del LCCr está en tensión en extensión y relajado en flexión, mientras que la mayor parte del LCCa se encuentra relajado en extensión y tenso en flexión. Los fascículos del LCCr se clasifican en una banda cráneo-medial más pequeña (tensa en flexión y extensión, insertándose en el aspecto medial-craneal de la unión distal tibial) y la banda caudolateral más grande (que está tensa solo en extensión y se inserta en la cara latero-caudal de la unión distal tibial) (Arnoczky y Marshall, 1977).

Los dos componentes del LCCr no son isométricos, la principal diferencia es la elongación del componente cráneo-medial y el acortamiento del componente caudo-lateral durante la flexión, a medida que se flexiona la rodilla, los ligamentos cruzados no solo se envuelven el uno con el otro sino que también se enrollan sobre sí mismos. La sobre-extensión se previene mediante la tensión de los ligamentos cruzados, donde el LCCr es el freno principal, siendo el componente caudolateral del LCCr el principal contribuidor para frenar la hiperextensión (Arnoczky y Marshall, 1977 y Heffron y Campbell 1978).

2.5 Rotura de Ligamento Cruzado

La inestabilidad de la rodilla causada por la rotura completa o parcial del ligamento cruzado craneal (RLCCr), ya sea de origen traumático o degenerativo, es una de las causas más comunes de claudicación en miembros posteriores, siendo así una de las afecciones ortopédicas más importantes en el perro (Hayashi et al., 2004; Innes et al., 2000; Pond y Campbell, 1972; Whitsberger, Villamil, Schultz, Hahn y Cook, 2008).

A pesar de que en sus orígenes se creía que era una enfermedad de origen traumático, un estudio realizado por Bennet et al., (1988) mediante una recopilación de casos comprobaron que el origen en la mayoría de los casos es por una condición degenerativa y patológica del ligamento cruzado. La degeneración progresiva del ligamento se ha atribuido a una variedad de factores que pueden clasificarse como genéticos, conformacionales, ambientales, inmunomediados e inflamatorios (Griffon, 2010).

La incidencia de roturas bilaterales diagnosticadas en la presentación clínica inicial está en el rango de 10% a 38% (Buote, Fusco y Radasch, 2009; Duval, Budsberg, Flo y Sammarco, 1999; Grierson, Asher y Grainger, 2011). La incidencia de rotura contralateral después del diagnóstico inicial es del 48% en una media de tiempo de 10,1 meses (Buote et al., 2009).

2.5.1 Etiopatogenia

La etiopatogenia exacta de la rotura de ligamento cruzado aún no está definida y genera controversias, esta se puede dar de forma aguda y traumática, hay estudios donde sugiere que la mayoría de los casos se deben a cambios degenerativos crónicos dentro del ligamento durante la actividad normal sin adición de un trauma externo con el posterior desarrollo de osteoartrosis (Bennet et al., 1988; Griffon, 2010; Hayashi et al., 2003; Slocum y Slocum, 1993).

Enfermedad del ligamento cruzado craneal es un término utilizado para abarcar una serie de trastornos que afectan el ligamento. Los trastornos incluyen avulsión traumática de la unión femorotibial, rotura traumática aguda secundaria a un esfuerzo excesivo y degeneración progresiva de causa desconocida lo que lleva a una rotura parcial o completa (Kowaleski et al., 2012).

2.5.2 Factores predisponentes

Los aspectos epidemiológicos de la rotura de LCCr son diversos, y en gran parte sin caracterizar. Lo que está claro es que no hay una presentación típica de la rotura y que los perros de casi cualquier edad, estado reproductivo, raza, tamaño, condición corporal y función pueden verse afectados (Muir, 2012).

La rotura de ligamento cruzado craneal en perros es una enfermedad multifactorial que involucra a la genética, factores de conformación y un componente inflamatorio que juntos crean un desequilibrio entre las fuerzas biomecánicas aplicadas en el ligamento y su capacidad para sostener estas cargas, lo que eventualmente conduce a la rotura e inestabilidad articular (Griffon, 2010).

En el estudio realizado por Buote et al., (2009) no se encontraron asociaciones predictivas entre edad, peso, ángulo del platillo tibial (TPA) o género en el momento de la RLCCr inicial y la RLCCr contralateral posteriormente en perros de la raza labrador.

En Grierson et al., (2011) concluyeron que existe una relación entre la rotura bilateral y la incidencia en la raza rottweiler, machos de 4 años de edad con un tiempo promedio entre roturas de 57,9 semanas.

Whitehair, Vasseur y Willits, 1993, en su estudio reportaron que la prevalencia de rotura del ligamento cruzado craneal era mayor en perros de entre 7 a 10 años. Las razas donde era más prevalentes eran el Rottweiler, Newfoundlands y Staffordshire Terriers, mientras que el Old English Sheepdog, el Basset Hound y Dachshund tenían la menor prevalencia de RLCCr de las razas representadas. En cuanto al género, las hembras tenían mayor prevalencia que los machos a su vez los machos y hembras castrados la prevalencia era mayor que en los sexualmente enteros. En cuanto al peso como factor de riesgo, perros con un peso >22 Kg tenían una mayor prevalencia que perros con <22 kg de peso.

Se ha informado que la esterilización temprana es un factor de riesgo significativo para el desarrollo de ángulos de platillo tibial (APT) excesivos en perros de razas grandes (Duerr, Martin, Rishniw, Palmer y Selmic., 2007).

Las hembras y machos esterilizados presentaban menos probabilidades de sufrir a RLCCr que hembras y machos enteros pero no hay diferencia entre sexo, en cuanto a la edad, es más común la presentación de RLCCr en perros de edad entre 4 a 7 años (Witsberger, Villamil, Schultz, Hahn y Cook, 2008).

El metabolismo de la matriz del ligamento cruzado está estrechamente relacionado con el metabolismo del líquido sinovial debido a la microvasculatura sinovial circundante (Yarnall et al., 2019). Por lo tanto, los cambios inflamatorios en la articulación femoro-tibio-rotuliana y la mayor expresión de proteasas colagenolíticas (catepsina K y metaloproteinasa MMP) en el líquido sinovial pueden contribuir a la degradación progresiva del colágeno del ligamento (Fujita, Hara, Nezu, Schulz y Tagawa, 2006; Hayashi et al., 2004; Muir et al., 2007).

La sinovitis es una característica presente en estadios iniciales de la artropatía por RLCCr antes del desarrollo clínico de inestabilidad articular (Sumner et al., 2010). Por lo tanto, la comprensión del mecanismo que la inicia y mantiene es fundamental para identificar perros con mayor riesgo, así como para desarrollar nuevos enfoques terapéuticos (Yarnall et al., 2019).

2.5.3 Signos clínicos

Las tres presentaciones son la aguda, crónica y las roturas parciales. Los pacientes con lesión aguda presentan inicio súbito de claudicación, sin apoyo del peso o solamente parcial. Los pacientes con lesión crónica presentan una claudicación prolongada con soporte del peso. Puede haber o no historial de claudicación aguda sin apoyo del peso, seguida por una mejoría gradual hasta un apoyo moderado. Si la claudicación es bilateral, los perros normalmente se inclinarán hacia adelante y alternarán su postura para descargar sus miembros pélvicos. En perros con cojera unilateral, la rotación externa del miembro afectado puede evidenciarse al caminar. De forma similar, cuando el perro se sienta, normalmente posicionará el miembro afectado de manera que éste se

sitúe rotado externamente y con reducción de la flexión de la rodilla comparada con una postura sentada simétrica normal, esto se denomina como “*sit test*”. Generalmente la claudicación empeora después del ejercicio o luego de dormir. Las roturas parciales son difíciles de diagnosticar en los estadios iniciales de la lesión. Inicialmente presentan claudicación leve con soporte del peso asociada al ejercicio; la claudicación es resuelta con reposo. Este estadio puede durar varios meses. A medida que se sigue rompiendo y la rodilla se torna más inestable, las alteraciones degenerativas empeoran y la claudicación se hace más pronunciada y no resuelve con descanso (Fossum, 2014; Muir, 2012).

En el examen general también se puede apreciar la atrofia de la musculatura pélvica de el/los miembros afectados. Ocasionalmente puede apreciarse un chasquido audible al caminar que normalmente es indicativo de lesión de menisco. Durante el examen de la rodilla, típicamente se encuentra efusión, notando indistintamente a la palpación los bordes lateral y medial del tendón rotuliano. La palpación del lado medial de la rodilla a menudo revelará un engrosamiento firme, indicativo de fibrosis periarticular (refuerzo medial), este cambio patológico casi siempre es indicativo de rotura de LCCr (Muir, 2012).

La flexión y la extensión de la rodilla pueden provocar dolor, y pueden palparse crepitaciones. Puede ser evidente una disminución en el ángulo de flexión y extensión articular, en especial en casos crónicos con osteoartrosis avanzada y, ocasionalmente en perros con rotura de menisco desplazadas. Las roturas traumáticas agudas del ligamento cruzado anterior suele provocar cojeras graves o falta de apoyo. A diferencia de lo que sucede en la enfermedad degenerativa del ligamento cruzado anterior, en estos casos no se observa atrofia muscular, ni engrosamiento de la articulación en el momento de la lesión (McKee y Cook, 2010).

2.5.4 Diagnóstico

2.5.4.1 Examen físico

Los perros con rotura completa aguda frecuentemente demuestran aprehensión durante la evaluación de la articulación de la rodilla. Puede ser difícil provocar inestabilidad debido a la contracción muscular resultante. La efusión articular puede ser palpada adyacente al tendón patelar. Puede ser más fácil realizar el test de compresión tibial que la prueba de cajón positivo (Fossum, 2014). Hay que evaluar conformación y postura con detenimiento, examinar toda la extremidad y columna lumbosacra para detectar otras posibles causas de cojera. Muchos de los perros con enfermedad de ligamento cruzado craneal, tienen inestabilidad fémoro-tibial, demostrable por las pruebas de cajón o de compresión tibial (McKee y Cook, 2010).

La inestabilidad de la rodilla se puede detectar en base a dos pruebas que se detallan a continuación.

- Prueba del cajón

El animal en decúbito lateral, se coloca el pulgar directamente por detrás del sesamoideo y el índice sobre la patela, los dedos restantes envuelven el muslo. La otra mano se posiciona sobre la tibia, con el pulgar por atrás de la cabeza del peroné y el dedo índice sobre la cresta tibial. Aplicar presión por detrás de la cabeza del peroné para desplazar la tibia hacia craneal. El examinador debe testear los signos de inestabilidad con la articulación de la rodilla en extensión, en el ángulo normal de estación y a 90° de flexión. Un resultado positivo al test es un movimiento más allá de 0 a 2 mm, que es lo observado en articulaciones de la rodilla normales. En pacientes jóvenes, la traslación normal puede llegar hasta 4 a 5 mm (Fossum, 2014).

A menudo es útil repetir esta prueba con el paciente bajo sedación o anestesia general, para evitar que una inestabilidad sutil sea pasada por alta, especialmente en perros con artritis crónica (Muir, 2012).

En roturas completas del ligamento cruzado anterior, es evidente un movimiento anormal de desplazamiento craneal cuando la articulación se extiende y se flexiona. Cuando solo se ha roto la banda craneomedial del ligamento, solo se detecta desplazamiento craneal en la flexión, ya que la banda caudolateral está intacta esta tensa en extensión de la articulación. En rotura aislada de la banda caudolateral no se acompaña con desplazamiento craneal, ya que esto es evitado por la banda craneomedial intacta independientemente de la posición articular (McKee y Cook. 2010).

La presencia del signo de “*cajón craneal*” es una característica diagnóstica. Esto inicialmente suele ser un desplazamiento bastante marcado, pero con el tiempo hay proliferación de tejido fibroso, engrosamiento de la capsula articular, brindando estabilidad que hará de dicho desplazamiento más reducido y difícil de notar. (Pond y Campbell, 1972).

- Test de compresión tibial

El examinador asegura el cuádriceps distal con una mano desde la superficie craneal, para que el dedo índice quede extendido para distal sobre la patela y la punta del dedo sobre la cresta tibial. Con la otra mano se agarra en la región del metatarso desde la superficie plantar. El miembro es posicionado en extensión moderada, y conforme la mano inferior flexiona el tarso, la mano superior evita la flexión de la rodilla. El dedo índice de la mano superior se usa para palpar el movimiento craneal de la cresta tibial cuando el tarso es flexionado. En una rodilla normal, la mano superior sentirá la presión de la patela en el dedo índice. En RLCCr, la cresta de la tibia se desplaza hacia craneal en la flexión del tarso. Debe realizarse en diferentes ángulos de flexión. (Fossum, 2014).

Durante la aplicación de estas pruebas a la rodilla, es importante colocar los dedos del examinador directamente sobre las prominencias óseas de la rodilla, para evitar interpretar el movimiento de la piel y de los tejidos blandos adyacentes como indicadores de un desplazamiento de la tibia con respecto al fémur (Muir, 2012).

La prueba de compresión tibial puede provocar menos molestias que la prueba de desplazamiento craneal, pero puede ser menos sensible para la detección de roturas parciales del ligamento cruzado anterior (McKee y Cook, 2010).

La fibrosis periarticular en casos crónicos, la rotura parcial del ligamento o un paciente tenso pueden hacer que la evaluación de la inestabilidad de la rodilla sea difícil, por lo que puede ser necesario el uso de sedación o anestesia general para confirmar el diagnóstico (Hayashi et al., 2004).

2.5.4.2 Radiografía

Los cambios radiológicos en los pacientes con rotura de LCCr son inespecíficos y en casos de roturas agudas las radiografías ayudan a excluir otras causas de claudicación originada en la articulación de la rodilla como infección, neoplasias de tejidos blandos y osteoartrosis. Los hallazgos radiológicos en pacientes con roturas crónicas o parciales del ligamento incluyen la compresión de la almohadilla de grasa en el aspecto craneal de la articulación y extensión de la cápsula articular caudal, causada por la efusión y por la formación de osteofitos a lo largo de la cresta troclear, de la superficie caudal del platillo tibial y del polo distal de la rótula. El engrosamiento de la cápsula articular medial y esclerosis subcondral también son evidentes. Las alteraciones radiográficas en los pacientes con RLCCr son inespecíficas y se pueden observar en otras patologías de la rodilla, incluidas la infección, neoplasia de tejidos blandos y osteoartrosis (Fossum, 2014).

El examen radiográfico de la rodilla está justificado en todos los casos para verificar la osteoartrosis de rodilla en los casos de rutina, para confirmar la patología de la rodilla en casos difíciles de rotura parcial del ligamento cruzado craneal y para descartar otros trastornos como fracturas o neoplasias (Tobias, 2012).

Deben obtenerse radiografías medio-laterales y cuado-craneales que permitan evaluar el ángulo de la meseta tibial, y las deformidades angulares y rotacionales en todos los perros, antes de una posible cirugía para enfermedad del ligamento cruzado anterior (McKee y Cook, 2010).

La mayoría de los signos radiográficos de enfermedad en la articulación de la rodilla son inespecíficos. Además, los animales con enfermedad articular progresiva pueden tener diferentes signos cuando se examinan durante las diferentes fases de la enfermedad. Cualquier aumento moderado en el volumen del tejido blando capsular o intracapsular articular puede detectarse en radiografías de buena calidad como un aumento de la opacidad. El cartílago articular, el líquido sinovial, la membrana sinovial y la cápsula articular no se pueden diferenciar porque son todos de opacidad de tejidos blandos. El signo de la almohadilla adiposa infrapatelar puede usarse para evaluar el volumen sinovial. La almohadilla adiposa infrapatelar normal se identifica fácilmente en las radiografías laterales de la rodilla como una región triangular relativamente radiolúcida inmediatamente caudal al ligamento rotuliano. Cuando aumenta la masa sinovial de la rodilla, ya sea por aumento de líquido sinovial o tejido blando, una combinación de respuesta inflamatoria y derrame hace que la almohadilla de grasa se vuelva menos visible. Disminución del espacio articular, región entre el hueso subcondral de las superficies opuestas de una articulación que soportan

peso. Este espacio consta de dos capas de cartílago articular separadas por un microfilm de líquido sinovial. En la enfermedad articular temprana, el derrame sinovial puede causar ensanchamiento del espacio articular. Disminución de la opacidad del hueso subcondral, esta porción del hueso está separado del líquido sinovial por una capa intacta de cartílago articular. Cualquier enfermedad que cambie el carácter del líquido sinovial, provocando la erosión del cartílago articular, amenaza potencialmente la integridad del hueso subcondral como sucede en procesos inflamatorios de la articulación. En la enfermedad degenerativa hay aumento de la opacidad del hueso subcondral, el hueso subcondral puede ser más opaco de lo normal debido a la remodelación por estrés, suele aparecer como una zona subcondral de aumento de la opacidad de 1 a 2 mm de ancho. La mineralización de tejidos blandos articulares puede ocurrir dentro de la cápsula articular, la membrana sinovial o el líquido sinovial como consecuencia de una enfermedad articular crónica. En ocasiones, pueden observarse grandes acumulaciones de material calcificado articular o periarticular. Desplazamiento o incongruencia articular debido a una alteración en la relación espacial normal entre los componentes de una articulación. Desarrollo de osteofitos, inicialmente consisten en cartílago y luego se vuelven visibles radiográficamente cuando se mineralizan. Se ven como crecimientos óseos en la periferia del cartílago articular. Ocurren como un componente de la enfermedad degenerativa de las articulaciones (Thrall, 2013).

2.5.4.3 Artroscopía

La artroscopia es una técnica quirúrgica mínimamente invasiva y de baja morbilidad que proporciona una evaluación exhaustiva de la membrana sinovial y las bolsas articulares, el cartílago articular, los ligamentos cruzados y los meniscos. Tiene los beneficios adicionales de la magnificación, además de permitir la manipulación de tejidos blandos como ligamentos cruzados y meniscos, para proporcionar una mejor visualización de las estructuras articulares. Debido a estos atributos, se considera el estándar de oro de la evaluación de la rodilla. La artroscopia es una herramienta de diagnóstico de alta precisión que permite el sondeo directo y la visualización de estructuras intra-articulares, al mismo tiempo que permite al médico tratar lesiones dentro de la articulación; por lo tanto, es preferible a las modalidades de imágenes no invasivas en la gran mayoría de los casos (Tobias, 2012).

Las ventajas de la artroscopía incluyen la magnificación, un mayor acceso a las regiones anatómicas de la articulación, evaluación de las estructuras articulares en un medio líquido, y una morbilidad intra-operatoria y postoperatoria reducida. Esta visión magnificada de las estructuras anatómicas de la rodilla permite realizar un diagnóstico más exacto y establecer un tratamiento más preciso de las condiciones patológicas. Permite una evaluación más minuciosa de la rótula, el surco troclear, los cóndilos femorales, la meseta tibial, el LCCr, el LCCa, y los meniscos. El examen artroscópico del LCCr proporciona al cirujano la capacidad de identificar y documentar desgarros parciales del ligamento antes de que la osteoartritis (OA) progrese y el ligamento se desgarre completamente. Permite una identificación más precisa de los cambios patológicos del cartílago articular. Los cambios osteoartroscópicos tempranos del cartílago articular se ven claramente,

como la fibrilación fina y gruesa, las erosiones superficiales y la neovascularización del cartílago se documentan fácilmente (Beale y Hulse, 2012).

2.5.4.4 Resonancia magnética

En un estudio realizado por Blond, Thrall, Roe, Chailleux y Robertson, 2008 concluyeron que la detección de un desgarro meniscal con imágenes de resonancia magnética en la rodilla canina se puede realizar con precisión.

La resonancia magnética es la técnica diagnóstica de elección en medicina para la detección de rotura de ligamento cruzado anterior, y está altamente correlacionada con la artroscopía, altamente específica. La resonancia magnética ha sido definida como la técnica diagnóstica “*gold standar*” en medicina humana debido a la flexibilidad que brinda al obtener imágenes de varios tipos de tejidos en una sola estructura como es la articulación de la rodilla (Marino y Loughin, 2010). Las limitaciones en el perro son el costo de equipamientos y la falta de un fácil acceso a ella. Thomas, Cullum, Siahamis y Langlois, (1990) demostraron en su estudio una excelente correlación entre la termografía infrarroja y resonancia magnética (94%), con la tomografía computarizada (87%) y con la mielografía (80%) en humanos con dolor lumbar crónico.

La IRM es prometedora y puede tener ventajas en una detección temprana de las lesiones del hueso subcondral, el cartílago articular o el menisco, o para establecer la causa de la claudicación que no se haya diagnosticado mediante métodos convencionales. Al ser una técnica emergente en la medicina veterinaria, existe poca evidencia que demuestre que la IRM es mejor que otros tipos de exámenes que se justifican económicamente y por su riesgo (Scrivani, 2012).

2.5.4.5 Tomografía Computarizada

A diferencia de la radiografía, donde hay una suma de estructuras superpuestas, la imagen por cortes transversales, tal como la tomografía computarizada (TC) permite la identificación de las estructuras articulares internas sin superposición. Demostró ser útil en la detección de avulsiones de las diferentes estructuras intra-articulares incluyendo el LCCr y LCCa, el m. extensor digital largo, y el m. poplíteo. Sin embargo, las imágenes de TC no son muy útiles en evaluar la integridad de los ligamentos cruzados y de los meniscos (Gielen, Saunders, Van Ryssen y Van Bree, 2012).

2.5.4.6 Ecografía

La ecografía es comúnmente utilizada en el examen del sistema musculoesquelético, siendo cada vez más común su aplicación en caninos para la evaluación de estructuras intraarticulares. Siendo este examen realizado de mejor forma con la utilización de un transductor lineal, de alta resolución de 10-14 MHz. Para la minimización de artefactos, se debería realizar tricotomía más la aplicación de gel (Kramer et al., 1999).

En casos agudos de RLCCr se suele observar efusión articular, la rotura del ligamento puede identificarse si es cercana en a la unión tibial, siendo no visible si es en la mitad o sobre la unión femoral. En casos crónicos se observa engrosamiento de la capsula articular, mínima efusión y superficie ósea irregular (Cook, 2012).

2.5.4.7 Termografía infrarroja

Alrededor del 460 a.C, Hipócrates en “El libro de los pronósticos” mencionaba la importancia de la evaluación de la temperatura de las manos, pies, cara, labios y oídos y describía las manifestaciones febriles en sus manifestaciones malignas, benignas, agudas, y terciarias. Los primeros intentos de medición de temperatura fueron realizados por Galileo, alrededor de 1592 con un tubo de vidrio en el que se observaron las dilataciones de los líquidos contenidos de acuerdo con las variaciones térmicas circundantes. Alrededor de 1620, Francis Bacon concluyó que había un calor radiactivo distinto de la luz y que podía filtrarse a través del vidrio. En 1800, Sir Williams Herschell, músico y astrónomo, descubrió en su observatorio de Bath, Inglaterra, radiación térmica infrarroja, a partir de estudios de la temperatura de las bandas espectrales de la luz visible. Se dio cuenta que debajo del rojo visible, había una radiación invisible que era muy poderosa en términos de calor, lo que llamó “calor oscuro”. El hijo de William Herschell, John F. W. Herschell, fue quien primero hizo una imagen termográfica, informando el hecho en las Actas de la Royal Society en 1840. Durante la Segunda Guerra Mundial, la tecnología de detección infrarroja se desarrolló para un uso militar estricto. A finales de la década de 1950, esta tecnología fue liberada para investigación, dirigida al uso civil pero aún bajo estricta vigilancia y restricciones (de Camargo, 1999).

La piel es un órgano dinámico que se ajusta constantemente para equilibrar las condiciones externas e internas compensando las demandas fisiológicas del cuerpo. Fibras motoras simpáticas controlan la microcirculación cutánea por medio de la vasoconstricción o vasodilatación, causando mayor o menor irrigación de la piel. Este fenómeno de control de transferencia de calor a través de la piel es definido como termorregulación y depende del sistema nervioso autónomo (SNA). La termometría cutánea por termografía infrarroja es el medio más eficiente para el estudio de la distribución de la temperatura cutánea actualmente. Es un método diagnóstico que evalúa la microcirculación de la piel y que, indirectamente, también evalúa el SNA simpático estrictamente relacionado con la piel (Brioschi, Macedo y de Almeida, 2003).

En casos de traumatismos, patologías inflamatorias, reumáticas o infecciosas, tendremos la producción y liberación de prostaciclina y bradicinina que son poderosos vasodilatadores que, a su vez, provocarán la liberación de sustancia P y óxido nítrico, lo que genera un aumento significativo de la emisividad de los rayos infrarrojos (hiperradiación), (de Camargo, 1999).

El uso médico se basa en el hecho de que el calor es uno de los signos cardinales de la inflamación, por lo que el aumento de la temperatura podría indicar inflamación de estructuras cercanas a ese punto (Head y Dyson, 2001).

La mano humana mediante la técnica de palpación es incapaz de notar variaciones térmicas menores a 2 °C (Brioschi et al., 2003).

La temperatura de la piel está influenciada por la actividad microcirculatoria (profundidad de 5 mm aprox.) controlada por el sistema neurovegetativo simpático, y por la producción de calor conducida a la superficie que se genera en tejidos profundos, esto además permite que la aplicación médica de la termografía pueda ser realizada en cualquier individuo independientemente del porcentaje de grasa corporal (Brioschi et al., 2007; McGowan et al., 2015).

Además la piel obtiene su calor del metabolismo tisular, el metabolismo generalmente es constante; por lo tanto, la variación de la temperatura de la piel es generalmente causada por cambios en la perfusión local del tejido. Normalmente, las venas son más cálidas que las arterias porque están drenando áreas metabólicamente activas, las venas superficiales calientan la piel más que las arterias superficiales (Love, 1980; Turner, 2001).

La termografía infrarroja muestra la información obtenida a través de una representación pictorial, donde la variación del patrón de colores refleja el gradiente térmico. Las áreas más cálidas se representan con el color blanco, rojo, naranja y amarillo, mientras que las más frías con verde, azul y negro (Clark y Cena, 1977; Denoble, Hall, Pieper y Kraus, 2010; Eddy, Van Hoogmoed y Snyder., 2001; Love, 1980).

La cámara termográfica identifica la energía térmica emitida a través de la superficie de un objeto y la transforma en una imagen visible, mostrando al usuario la información sobre la temperatura mediante colores, debido a que esta región del espectro electromagnético posee ondas muy grandes que son invisibles al ojo humano, pero son percibidas como calor (Redaelli et al., 2014; Roberto y Souza, 2014).

El espectro electromagnético como se muestra en la figura 1, se compone de longitudes de onda que van desde los rayos gamma más cortos hasta los rayos x, la luz ultravioleta, la visible, la infrarroja, la microondas y las ondas de radio más largas. La radiación infrarroja es emitida por todos los cuerpos proporcionalmente a su temperatura (Eddy et al., 2001).

La cámara termográfica capta radiación infrarroja de ondas largas en el rango de 6-15 μm , emitida por el cuerpo humano, generando una imagen de distribución térmica de la superficie cutánea, las cámaras termográficas operan en ese rango del espectro electromagnético debido a que la luz solar afecta menos a la medición, esta energía es emitida por todos los cuerpos que estén por encima de -273 °C, cero absoluto (Brioschi et al., 2003; Brioschi et al., 2007; Eddy et al., 2001; Kastberger y Stachl, 2003).

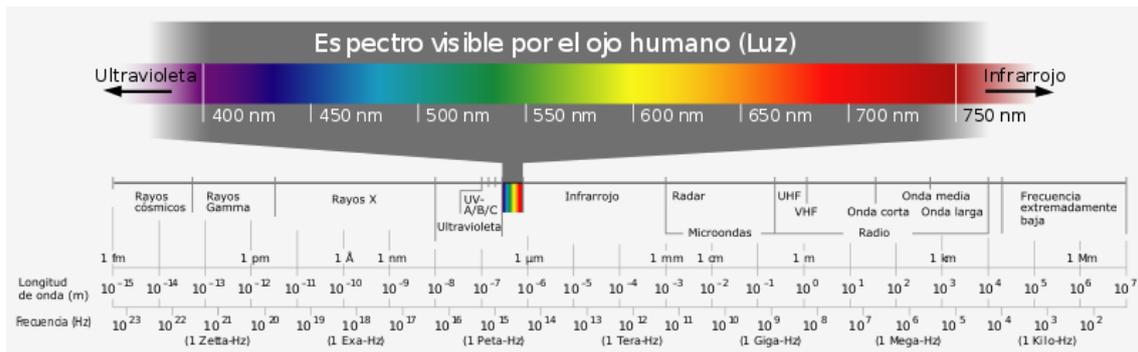


Figura 1: Representación del espectro electromagnético. Fuente: https://meteoglosario.aemet.es/objetos/mediums/352_8070749.png

Las técnicas de diagnóstico por imagen caen en dos categorías, las de imágenes anatómicas o fisiológicas, en la imagen anatómica se encuentra la radiografía, ecografía, tomografía computarizada y la resonancia magnética produciendo imágenes en alta calidad y detalle de cómo se ven los tejidos realmente. Las imágenes fisiológicas por otro lado le permiten al operador ver la actividad dentro de los tejidos específicos (Head y Dyson, 2001).

La termografía infrarroja se clasifica en metodología de contacto y sin contacto, la primera se ha dejado de utilizar debido a las complicaciones de su uso, la que no requiere contacto a su vez se clasifica en enfriadas y no enfriadas, la enfriada debido a no ser fácilmente transportable se ha dejado de usar (Turner, 2001). Otra clasificación en la termografía es sobre si la imagen es fija o a tiempo real, Turner declara su preferencia por la termografía de imagen en tiempo real debido a que elimina el problema del movimiento, además de preferir la tecnología no enfriada por su portabilidad.

La termografía no revela patologías específicas, si facilita la localización de incrementos (inflamación y/o heridas) o disminución de calor (fluido sanguíneo disminuido o tono vasomotor). Se pueden detectar alteraciones en el patrón térmico semanas antes de la aparición de signos clínicos o evidencia de anomalías radiográficas (Eddy et al., 2001).

Para producir imágenes termográficas confiables, los siguientes factores deben ser controlados: movimiento, energía radiante extraña, temperatura ambiente, y artefactos. El ambiente controlado es esencial para una evaluación termográfica exitosa, debe ser un área de baja luz, temperatura por debajo de los 30 °C (ideal sobre 20 °C) con 10-20 minutos de aclimatización. Se deben evitar agentes de restricción químicos, porque estos medicamentos afectan la circulación periférica y los sistemas cardiovasculares, lo que podrían causar la producción de patrones térmicos falsos aunque el autor no pudo demostrarlo (Turner, 1991).

En cuanto a la elección de la cámara termográfica, debido a que es un método de diagnóstico por imagen fisiológico y entra en la categoría de técnicas de imagen funcional, está descrito que en cámaras de menor resolución, pequeños cambios en el sujeto o el ángulo de la cámara pueden ser significativos y predispone a la malinterpretación de los resultados. Se describe que en cámaras de mayor resolución, son detectables cambios más pequeños, la resolución de

180 x 180 píxeles, es suficiente para proporcionar resultados fiables (Vainionpää et al., 2012).

La termografía infrarroja a pesar de ser un método útil como herramienta de diagnóstico, en medicina veterinaria, su utilidad clínica no ha sido muy estudiada, especialmente en pequeños animales. Aunque se han logrado varios estudios que justificarían su uso, según Um, Kim, Lim, Kim, Seo y Nam, (2005) la consideran útil para la evaluación del tratamiento de acupuntura para artritis crónica inducida en caninos. Pavelski et al., (2015) reportaron su utilidad del diagnóstico en tumores de mama en caninos independiente de su tamaño, y/o localización debido al aumento de temperatura de las mamas.

Clark y Cena (1977) en su descripción sobre las potencialidades del uso de la termografía infrarroja plantearon las siguientes ventajas de su uso, la primera es que la distribución de la temperatura corporal se observa de forma instantánea y con mucho más detallado que con métodos físicos de contacto, permite medir la temperatura de objetos como la capa de pelaje de los animales de manera más efectiva, es posible de medir en animales difíciles y en donde el acercamiento entre el sujeto y el observador podría alterar la temperatura de la superficie corporal.

El antecedente directo más relacionado a este estudio fue el presentado por Della Nina (2012) en su tesis de doctorado donde comparó la articulación femoro-tibio-patelar sana con la contralateral que fue sometida a dos técnicas de osteotomía correctiva para estabilización articular debido a rotura de ligamento cruzado craneal, donde concluyó que la termografía es de fácil estandarización y también que es inespecífica para diferenciar las rodillas con RLCCr en caninos. También tenemos el antecedente del estudio realizado por Infernuso, Loughin, Marino, Umbaugh y Solt (2010) donde investigaron la capacidad de la termografía para la diferenciación entre las articulaciones de la rodilla normales y aquellas con rotura del ligamento cruzado craneal en perros, inicialmente con un pelaje completo y 1 hora después de recortar el pelaje, concluyendo que la termografía puede ser utilizada con éxito para diferenciar una articulación de la rodilla intacta de una con RLCCr, y no es necesario realizar una tricotomía de la zona a evaluar. La termografía puede ser una modalidad de imagen útil para el diagnóstico de RLCCr en perros cuando se sospecha de RLCCr pero la laxitud de la rodilla no es evidente.

En un estudio anterior, Loughin y Marino (2007) evaluaron con termografía infrarroja los miembros posteriores de perros sanos, reportaron que la realización de una tricotomía previa a la evaluación termográfica conllevaba a un aumento de temperatura de la zona en todos los puntos temporales donde fueron obtenidas las imágenes pero no altera el patrón termográfico de la superficie de la piel en perros sin anomalías en las extremidades. Los perros manifestaron cierta simetría en los patrones termográficos entre el miembro posterior derecho e izquierdo, sugiriendo la posibilidad de que en caso de una enfermedad unilateral con patrones termográficos alterados, la imagen contralateral se puede usar como imagen control para fines de comparación. Se desconoce aún si el recorte afecta los patrones de imágenes termográficas en perros con anomalías.

Los caninos con pelo corto son consistentes en expresar temperatura de superficie corporal (BST) hasta 2 ° C más cálidos que los perros con pelaje más largo y con propiedades y longitudes más diversas (Kwon y Brundage, 2019).

Denoble et al., (2010) demostraron que la temperatura de la piel de la región rotuliana se correlaciona con la gravedad radiológica de la osteoartritis de rodilla. Este método de obtención de imágenes infrarrojas de la rodilla es fiable y, como medida objetiva de un signo de inflamación, temperatura, indica una interrelación entre la inflamación y el daño estructural de la rodilla por OA.

En los caballos la termografía ha demostrado ser útil en el diagnóstico, pronóstico y evaluación de daños o enfermedad en tejidos blandos y lesiones ortopédicas superficiales, donde el hueso es cubierto por mínimo de tejido blando (Turner, 1991).

A través de esta revisión de la literatura disponible, se observó que la termografía tiene diversas aplicaciones tanto en medicina humana como en medicina veterinaria. Los primeros sistemas de imagen por termografía fueron desarrollados en la década de los cuarenta, mientras que los primeros estudios termográficos aplicados al área de la ortopedia en medicina humana existen desde la década del cincuenta y en equinos a mediados de la década del sesenta (Loughin y Marino, 2007; Turner, 2001).

La evaluación termográfica es una modalidad de imagenología sensible que ayuda en el reconocimiento temprano de lesiones y en el establecimiento de una terapia de recuperación antes que otros métodos clínicos de evaluación. La falta de especificidad y la imposibilidad de identificar las causas limitan el uso de la termografía como modalidad diagnóstica única. Por lo tanto, la termografía puede desempeñar un papel en el diagnóstico primario de perros con sospecha de RLCCr, especialmente cuando el diagnóstico no es evidente en el examen físico (Infernuso et al. 2010).

En la medicina veterinaria, estos estudios aún no han aprovechado todo el potencial de este entorno diagnóstico, que tiene la gran ventaja de ser un medio extremadamente seguro y mínimamente examen invasivo para el paciente.

2.5.5 Tratamiento

La elección del tratamiento de la enfermedad del ligamento cruzado craneal en el perro depende de muchas variables, entre ellas se considera la sintomatología del paciente, su peso, edad, actividad normal, etc. para poder optar por un tratamiento médico o tratamiento quirúrgico.

En Chile fue realizada una encuesta a médicos veterinarios con el objetivo de determinar los métodos de diagnóstico y tratamiento preferentemente utilizados para la ruptura del LCCr. Se realizaron 307 encuestas, de las cuales se obtuvieron 21 respuestas en forma completa. Del total de 21 personas que respondieron la encuesta, el 100% declara realizar algún tratamiento quirúrgico para la ruptura del LCCr y 7 de ellos (33,33%) también realizan en algunos casos especiales un tratamiento conservador. Del total de las encuestas realizadas, se desprende también que cada cirujano indica la utilización de una o más técnicas quirúrgicas favoreciendo principalmente la técnica quirúrgica extra-articular (90,47%) (Fischer, Nicolas, Opazo, Luzio y Troncoso, 2014).

2.5.5.1 Métodos quirúrgicos

El método quirúrgico elegido depende de las preferencias del cirujano, el tamaño y la actividad del paciente, y el costo de la intervención, la proporción de éxitos es del 90%, independientemente de la técnica que se utilice (Fossum, 2014).

Actualmente, los procedimientos quirúrgicos más ampliamente usados tienen por objetivo el tratamiento de la inestabilidad de la rodilla, no la reconstrucción o reparación del ligamento cruzado craneal (LCCr) roto. La estabilización se consigue mediante osteotomía de la tibia o mediante estabilización extracapsular (Muir, 2012).

Procedimiento empleado desde los años 60 para la corrección de la inestabilidad articular como parte del manejo de la rotura del ligamento cruzado craneal (LCCr) en perros. Consiste en la utilización de material biológico o sintético con puntos de fijación femoral y tibial para proporcionar una resistencia pasiva al movimiento craneal de la tibia, rotación interna, y/o hiperextensión de la rodilla para que se produzca una suficiente fibrosis periarticular que proporcione una estabilidad y funcionalidad a largo plazo (Cook, 2012).

2.5.5.2 Manejo médico

Los objetivos del manejo médico son minimizar los signos clínicos de OA, mantener o mejorar el uso de la extremidad y si es posible disminuir la progresión de la enfermedad. La terapia multimodal puede ofrecer una mejor respuesta en el tratamiento de la OA a través del sinergismo de varias terapias con modos de acción no competitivos. Además de los AINEs, se pueden utilizar analgésicos, agentes condromoduladores, nutracéuticos y otros suplementos en la dieta (Jaeger y Budsberg, 2012).

El tratamiento no quirúrgico está indicado en las siguientes situaciones: enfermedad del ligamento cruzado craneal y osteoartritis que no provoquen cojera, cojera leve e intermitente, perros pequeños menores de 15 kg, y/o limitaciones económicas. La terapia multimodal es la que ofrece una mejor respuesta, esta incluye: controlar el peso, regular el ejercicio, fisioterapia y medicación, la inestabilidad se reduce gradualmente, a medida que se desarrolla fibrosis periarticular (McKee y Cook, 2010).

3. HIPOTESIS

La hipótesis de este estudio fue:

- Existen diferencias significativas de temperaturas entre la articulación de la rodilla con RLCCr y la sana.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia en la utilización de la termografía infrarroja como método diagnóstico complementario de rotura de ligamento cruzado craneal en caninos.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la correlación entre las imágenes infrarrojas obtenidas con el diagnóstico clínico de rotura de ligamento cruzado craneal.
- Comparar las imágenes infrarrojas obtenidas del miembro afectado con el contralateral clínicamente sano.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Participaron en el estudio 7 caninos con rotura de ligamento cruzado craneal que concurren a la consulta traumatológica en la Unidad de Cirugía y Anestesia de Pequeños Animales del Centro Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria (UdelaR) y provenientes de Clínicas Veterinarias privadas. A cada canino se le realizó previamente una inspección en estación y en movimiento. Posteriormente se procedió a la realización de un examen ortopédico completo de todas las articulaciones, realización de la prueba de cajón craneal y test de compresión tibial para constatar la inestabilidad de la articulación de la rodilla. Se le solicitó al propietario la realización de un estudio radiográfico de la región con dos incidencias (frente y perfil). El estudio contó con el consentimiento previo de los propietarios. No se discriminó por sexo, raza o edad.

5.1 Obtención de imágenes termográficas

El estudio se realizó en una antesala del block quirúrgico que se utiliza como vestuario, al ingresar el canino se cerraron las puertas para evitar alteración de la temperatura del ambiente, y no se abrieron hasta terminar la evaluación termográfica, eran mantenidos por 15 minutos aproximadamente para a la adaptación del canino a la temperatura ambiente previo a la toma de imágenes termográficas.

Las imágenes se obtuvieron el día de la primer consulta y previo a la intervención quirúrgica, sin sedación del paciente.

La cámara de termografía infrarroja que se utilizó es la modelo FLIR ONE™ acoplada a un teléfono modelo IPHONE® a través de un conector Lightning (iOS) como se aprecia en la figura 2 y figura 3. Dicha cámara genera imágenes con una resolución de 160 x 120 píxeles, La medida puntual avanzada detecta pequeñas diferencias de temperatura de hasta 0,1 °C y tiene un rango de temperatura de -20 °C a 120 °C. Precisión de ± 3 °C o ± 5 %.



Figura 2: Cámara FLIR One ® donde se aprecia el sensor termográfico y lente fotográfico.



Figura 3: Cámara FLIR One® acoplada al teléfono Iphone® y visualización de la termografía infrarroja.

La toma de imágenes se realizó en ambas articulaciones femoro-tibio-rotulianas, la articulación afectada por rotura de ligamento cruzado craneal, y la sana que se utilizó como control. Ambos miembros no fueron tricotomizados para tomar las imágenes. Éstas fueron tomadas a una distancia de 25 cm aproximadamente, 3 imágenes por planos de la articulación: latero-medial (LM), cráneo-caudal (CrC), caudo-craneal (CdC) y medio-lateral (ML) obteniendo así 24 imágenes por canino seleccionado (Figura 4).

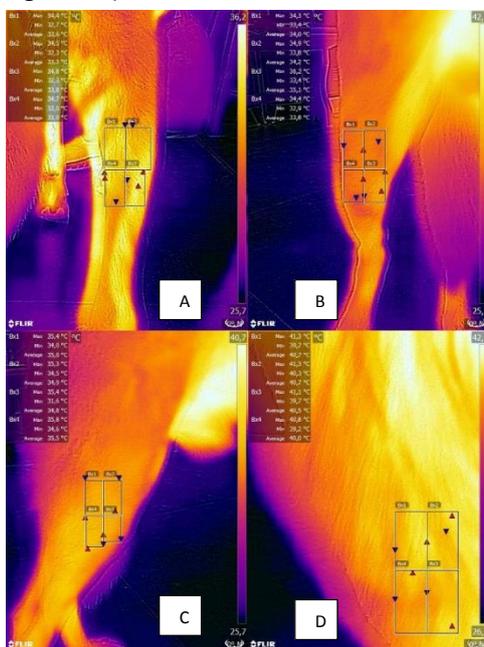


Figura 4: Imágenes termográficas obtenidas de la rodilla derecha de “Mariachi” en posición CdC (A), CrC (B), LM (C) y ML (D).

5.2 Análisis de las imágenes por computadora

Las imágenes fueron procesadas por un software de computadora llamado “FLIR Tools” versión 5.13.18031.2002 que permite importar, editar y analizar las imágenes obtenidas. Para esto las mismas fueron divididas en cuatro regiones de área similares. El software arrojó datos de temperatura mínima y máxima de cada una de esas cuatro delimitaciones y un promedio. El objetivo de realizar esto fue tratar de disminuir cualquier discrepancia termográfica puntual en cada región, haciendo la evaluación y comparación entre los individuos más fidedigna. La secuencia de evaluación consistió en la identificación del área a ser evaluada correspondiendo a la delimitación anatómica de la articulación femoro-tibio-patelar. Posteriormente dos líneas de ayuda fueron trazadas de forma perpendicular y paralelo al eje mediano de la articulación con la finalidad de facilitar la delimitación de los cuatros cuadrantes de la evaluación respetando el límite de las líneas previamente realizadas, las cuales posteriormente son borradas solamente manteniendo las áreas de evaluación.

Los valores promedios de temperatura de cada plano del miembro con RLCCr fueron comparados con el miembro contralateral sano.

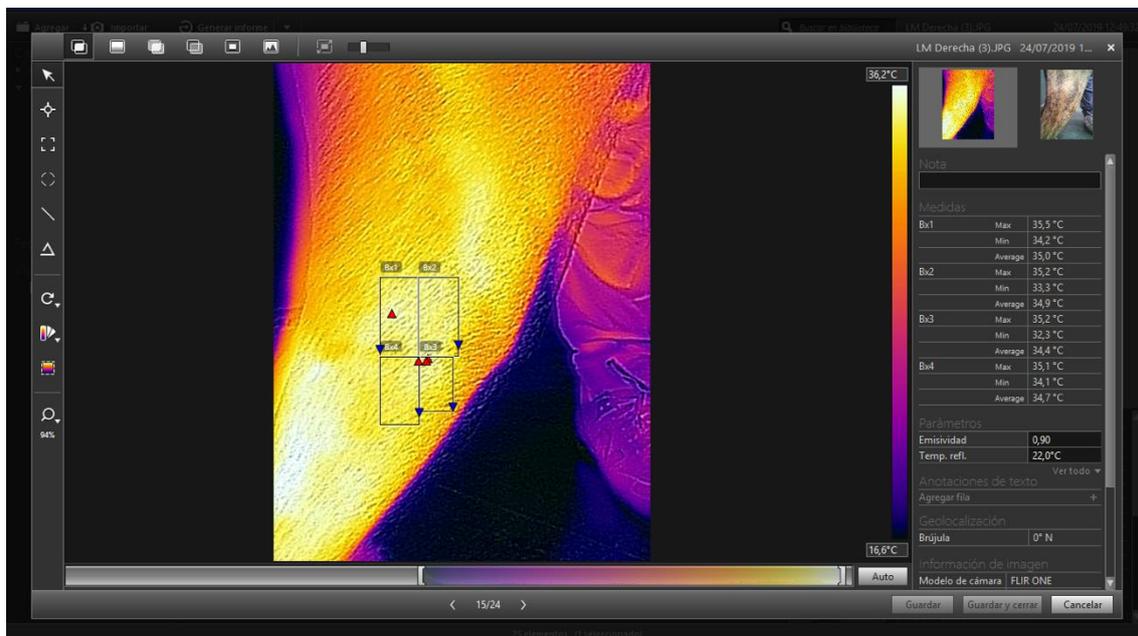


Figura 5: Imagen del programa de análisis de “FLIR Tools” proporcionado por la empresa FLIR®, durante la evaluación termográfica de la rodilla derecha en su incidencia LM.

5.3 Análisis estadístico

Para evaluar si existen diferencias de temperaturas entre un miembro con RLCCr y uno sano, los valores obtenidos fueron analizados utilizando el “Test T de Student” para muestras emparejadas en la población.

Los valores medios de cada incidencia fueron comparados entre grupo del miembro control (sano) y el problema (RLCCr). Fue utilizado un nivel de significancia de 5%.

Además se procesaron los datos de manera individual por cada paciente en búsquedas de diferencias significativas entre el miembro con RLCCr y el sano.

6. RESULTADOS

Para facilitar la comprensión de los datos, se optó por presentarlos en formato de tablas con los valores termográficos de cada animal, donde se presentan las temperaturas de cada incidencia del miembro en sus cuatros cuadrantes tanto del miembro afectado con RLCCr como el sano (Control).

6.1. Datos generales

En total ingresaron 7 animales, donde cada uno formó parte del grupo problema y del grupo control. La población de estudio está formada por 4 caninos machos y 3 caninos hembras, entre 3 y 10 años de edad. Tres pacientes presentaron RLCCr de MPD y 4 del MPI, el peso fue de 15 a 32 kg (Tabla 1) y en la Tabla 2 se detalla el análisis descriptivo de la población estudiada para peso, edad.

Tabla 1: Datos generales de la muestra de estudio: Miembro afectado, sexo, raza, edad y peso.

| <i>Animal</i> | <i>RLCCr</i> | <i>Sexo</i> | <i>Raza</i> | <i>Edad (años)</i> | <i>Peso (kg)</i> |
|-----------------|--------------|-------------|----------------|--------------------|------------------|
| <i>Mariachi</i> | MPD | Macho | SRD | 10 | 28 |
| <i>Uma</i> | MPI | Hembra | Cimarrón | 3 | 18 |
| <i>Rulo</i> | MPD | Macho | Cimarrón Cruza | 6 | 23 |
| <i>Tobby</i> | MPD | Macho | SRD | 4 | 15 |
| <i>Uma II</i> | MPI | Hembra | SRD | 7 | 20 |
| <i>Ciara</i> | MPI | Hembra | Pitbull | 10 | 25 |
| <i>Morales</i> | MPI | Macho | Labrador | 5 | 32 |

Tabla 2: Análisis descriptivo para peso y edad: media, desvío, valor mínimo (V. mín.) y valor máximo (V. máx.).

| | <i>Edad (años)</i> | <i>Peso (kg)</i> |
|------------------|--------------------|------------------|
| <i>Media</i> | 6,43 | 23 |
| <i>Desvío</i> | 2,76 | 5,89 |
| <i>V. mínimo</i> | 10 | 15 |
| <i>V. máximo</i> | 3 | 32 |

El análisis de las termografías infrarrojas mediante el software FLIR Tools® nos dio valores de temperaturas los cuales presentamos en la Tabla 3, donde encontramos cada una de las incidencias y agrupamos la media de los valores en el grupo RLCCr y el Control.

Tabla 3: Datos de temperaturas medias presentadas en grados Celsius (°C) de las rodillas por cada incidencia del miembro con RLCCr y el control (sano).

| <i>Animal</i> | <i>CdC</i> | | <i>CrC</i> | | <i>LM</i> | | <i>ML</i> | |
|-----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | <i>RLCCr</i> | <i>Control</i> | <i>RLCCr</i> | <i>Control</i> | <i>RLCCr</i> | <i>Control</i> | <i>RLCCr</i> | <i>Control</i> |
| <i>Mariachi</i> | 33,4 | 35,7 | 34,4 | 35,2 | 34,9 | 36,1 | 40,6 | 38,3 |
| <i>Uma</i> | 37,4 | 37,4 | 37,1 | 38,0 | 38,1 | 39,3 | 40,3 | 40,5 |
| <i>Rulo</i> | 36,7 | 36,1 | 35,3 | 35,2 | 34,8 | 37,9 | 39,0 | 38,8 |
| <i>Tobby</i> | 28,7 | 36,5 | 31,4 | 32,9 | 31,5 | 33,5 | 36,1 | 36,7 |
| <i>Uma II</i> | 29,6 | 26,2 | 28,7 | 27,3 | 29,4 | 30,1 | 30,3 | 31,1 |
| <i>Ciara</i> | 37,4 | 37,8 | 38,2 | 38,6 | 39,5 | 39,6 | 40,3 | 39,7 |
| <i>Morales</i> | 34,5 | 34,5 | 35,0 | 34,8 | 36,9 | 37,0 | 39,1 | 38,2 |

6.2. Resultados estadísticos de forma poblacional

Los resultados del análisis utilizando el “*Test T de Student*” para datos pareados, para evaluar las diferencias de temperatura entre el miembro afectado (RLCCr) y el sano (Control) se presentan en la tabla 4.

Se procedió a realizar el estudio a la población en general y encontramos que en la incidencia Latero-medial (LM), hubo diferencia significativa en la temperatura, siendo menor en la rodilla con RLCCr a diferencia de la rodilla sana.

Tabla 4: Análisis estadístico utilizando el “*Test T de Student*” para datos pareados donde comparamos el miembro (RLCCr) con el miembro (Control) según su incidencia: Caudo-craneal (CdC), Cráneo-caudal (CrC), Latero-medial (LM) y Medio-Lateral (ML).

| <i>Incidencia</i> | <i>Media (RLCCr)</i> | <i>Media (Control)</i> | <i>Estadístico T</i> | <i>Grados de Libertad</i> | <i>p-valor</i> |
|-------------------|----------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|----------------|
| <i>CdC</i> | 33,95 | 34,17 | -0,30 | 6 | 0,77 |
| <i>CrC</i> | 34,3 | 35,58 | -0,78 | 6 | 0,46 |
| <i>LM</i> | 35,01 | 36,21 | -2,95 | 6 | 0,02 |
| <i>ML</i> | 37,96 | 37,61 | 0,85 | 6 | 0,42 |

6.3. Resultados estadísticos de forma individual

Los resultados del análisis utilizando el “*Test T de Student*” para datos pareados, para evaluar las diferencias de temperatura entre el miembro afectado (RLCCr) y el sano (Control).

Se procedió a realizar el estudio de forma individual para ver cuantos caninos presentaban diferencias de temperatura entre sus rodillas.

En este análisis individual encontramos que en 2 de los 7 caninos estudiados (Uma y Toby) muestran diferencias significativas de temperaturas entre el miembro con afectado y el control para la temperatura global (todas las incidencias evaluadas conjuntamente), siendo en ambos casos superior la temperatura del miembro control, ver Tabla 5.

Tabla 5: Análisis estadístico utilizando el “*Test T de Student*” para datos pareados de forma individual donde comparamos el miembro (RLCCr) con el miembro (Control) según la temperatura global de todas las incidencias juntas.

| <i>Animal</i> | <i>Media (RLCCr)</i> | <i>Media (Control)</i> | <i>Estadístico T</i> | <i>Grados de Libertad</i> | <i>p-valor</i> |
|-----------------|----------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|----------------|
| <i>Mariachi</i> | 35,82 | 36,32 | -0,51 | 11 | 0,62 |
| <i>Uma</i> | 38,23 | 39,05 | -3,79 | 11 | 0,03 |
| <i>Rulo</i> | 36,45 | 37,0 | -0,64 | 11 | 0,56 |
| <i>Tobby</i> | 31,93 | 33,43 | -4,82 | 11 | 0,02 |
| <i>Uma II</i> | 29,5 | 28,68 | 0,82 | 11 | 0,46 |
| <i>Ciara</i> | 38,85 | 38,93 | -0,31 | 11 | 0,77 |
| <i>Morales</i> | 36,38 | 36,13 | 1,11 | 11 | 0,34 |

7. DISCUSION

La rotura de ligamento cruzado craneal es una patología frecuente causante de claudicación de miembros posteriores en caninos, la prevalencia es mayor en caninos con la edad entre los 4 a 10 años según lo reportado por varios autores coincidiendo con la media de nuestra población que fue de 6,43 años (Grierson, et al., 2011; Whitehair et al., 1993; Witsberger et al., 2008). La presentación de acuerdo a razas, se puede dar en varias de ellas, autores como (Whitehair et al., 1993) reportan que razas grandes están predispuestas, algo que también se vio reflejado en nuestro estudio, donde la población estudiada estaba conformado por la raza cimarrón, labrador, pitbull y cruza sin raza definida. En este mismo estudio, informan que perros con un peso superior a los 22 kg tenían mayor riesgo de sufrir RLCCr, algo que también vimos en nuestra población donde la media fue de 23 kg. La presentación de hembras y machos fue similar, como informan algunos autores (Whitehair et al., 1993; Witsberger et al., 2008).

En este trabajo concordamos con (Clark y Cena, 1977; Eddy et al., 2001) cuando citan que la termografía infrarroja es un método diagnóstico no invasivo que detecta calor, permitiendo una interpretación de la temperatura corporal. La radiación emitida por la superficie es convertida en impulsos eléctricos que son representados como una imagen de patrón de colores, proporcionando una herramienta diagnóstica con muchas ventajas con respecto a otros métodos diagnósticos por imagen, entre ellas, la rápida y fácil ejecución haciendo el estudio más rápido, menos invasivo, sin necesidad de sedación y no requiere la interpretación de técnicos muy experimentados. Además la adecuación del ambiente donde se realizaron las mediciones, no requirieron grandes adaptaciones ni cambios, haciéndola fácil de implementar en la rutina diaria de la consulta de traumatología y ortopedia. El posicionamiento de la cámara a unos 25 cm de distancia del área de evaluación permitió obtener un área de evaluación óptima que abarcara en su totalidad la articulación femoro-tibio-rotuliana.

Además estamos de acuerdo con respecto a las ventajas planteadas por Clark y Cena (1977) sobre su uso, la distribución de la temperatura corporal se observa de forma instantánea, permite medir la temperatura de objetos como la capa de pelaje de los animales de manera más efectiva y es útil en animales difíciles y en donde el acercamiento entre el sujeto y el observador podría alterar la temperatura de la superficie corporal.

Todas las imágenes obtenidas fueron analizadas en el programa de análisis FLIR Tools®, fueron divididas en 4 regiones de área similar, esta división apuntó a disminuir el error de evaluación en la región de la rodilla y permitió obtener una temperatura más representativa, posibilitando diferenciar la media de temperatura entre las articulaciones femoro-tibio-rotulianas entre el miembro con RLCCr y el contralateral sano, esta metodología de análisis de imagen fue similar a la utilizada por Della Nina 2012. Cada región fue evaluada independientemente, obteniendo datos de temperatura máxima, mínima y media. El programa utilizado permitió el análisis de cada imagen de forma simple y directa.

La tricotomía del miembro no fue realizada de acuerdo con Infernuso et al. (2010) quien en su estudio experimental comparando rodillas de perros sanos con perros con RLCCr, reportaron que la tricotomía era innecesaria para una correcta

evaluación termográfica de la articulación femoro-tibio-rotuliana en caninos. Además de lo reportado por Loughin y Marino (2007) afirmando que la tricotomía conllevaba aun aumento de la temperatura local. Aun así Della Nina, (2012), piensa que a pesar de que es posible la evaluación termográfica de rodillas no tricotomizadas, en ciertas razas lo puede dificultar, por lo que es afín a la tricotomía de la zona de estudio al ser un proceso de poca complejidad y genera pocas complicaciones frente a las ventajas observadas.

En cuanto a la elección de la cámara termográfica al igual a lo que recomienda Vainionpää et al., (2012), es necesario contar con una resolución adecuada debido a que durante el examen es común que el canino se mueva o cambie de posición y así poder evitar aparición de artefactos que generen alteraciones en la medida. Durante la toma de imágenes el movimiento de los animales fue una problemática que también tuvimos, ocasionando muchas veces la necesidad de realizar varias tomas para obtener imágenes de buena calidad.

Con este trabajo acordamos con Eddy et al., (2001), donde afirma que la termografía es incapaz de revelar patologías específicas, sino más bien facilitar la localización de incrementos o disminución de calor. En nuestro trabajo los aumentos de temperaturas con significancia estadística se dieron en el miembro contralateral sano, presumiblemente debido a la sobrecarga por la claudicación crónica o un proceso de enfermedad del ligamento cruzado bilateral incipiente ya que en el mismo trabajo se afirma que es posible detectar alteración del patrón térmico semanas antes de la aparición de signos clínicos o evidencias de anomalías radiográficas.

Estamos de acuerdo con Della Nina, (2012) cuando afirma que la termografía infrarroja es inespecífica para diferenciar rodillas con RLCCr, ya que en nuestro estudio solo la incidencia LM demostró tener diferencias significativas siendo la temperatura mayor en el miembro sano (control), además de forma individual solo 2 caninos de 7 que conformaron la población demostraron tener diferencias significativas entre ambas articulaciones de la rodilla.

7.1 Limitaciones del estudio

Dentro de las limitantes del estudio, se encuentra el “n” reducido de animales, además de que la población es muy heterogénea en cuanto a la edad, peso y raza. Otra limitación es que no se hizo hincapié en cuanto a la cronicidad de los signos de claudicación por RLCCr lo cual influye en el proceso inflamatorio con la consecuente aumento de temperatura en la región de la rodilla como describen varios autores (de Camargo, 1999; Head y Dyson, 2001).

Otra limitación es la interferencia de artefactos como el movimiento en perros muy enérgicos, masa muscular en perros muy musculosos y el pelaje demasiado largo que dificultan la localización de la articulación femoro-tibio-rotuliana durante la adquisición de las imágenes.

8. CONCLUSIONES

En el presente estudio realizado, a través de los resultados obtenidos, concluimos que la cámara termográfica utilizada en este estudio demostró ser inespecífica para la diferenciación de rodillas con rotura de ligamento cruzado craneal.

La incidencia más adecuada para realizar una termografía infrarroja de la rodilla es la latero-medial (LM).

En los casos donde la temperatura fue significativamente mayor en el miembro sano se le puede atribuir a la sobrecarga por uso y el no apoyo por tiempo prolongado del miembro afectado con RLCCr.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnoczky, S. P., y Marshall, J. L. (1977). The cruciate ligaments of the canine stifle: an anatomical and functional analysis. *American Journal of Veterinary Research*, 38(11), 1807-1814.
- Bennett, D., Tennant, B., Lewis, D. G., Baughan, J., May, C. y Carter, S. (1988). A reappraisal of anterior cruciate ligament disease in the dog. *Journal of Small Animal Practice*, 29(5), 275-297.
- Beale B.S. y Hulse D.A. (2012). Seguimiento artroscópico después de la estabilización quirúrgica de la rodilla. En P. Muir (Ed.). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino* (pp. 201-212). Barcelona: Multimédica.
- Brioschi, M. L., Macedo, J. F., y Macedo, R. D. A. C. (2020). Termometria cutânea: novos conceitos. *Jornal Vascular Brasileiro*, 2(2), 151-160.
- Brioschi, M. L., Yeng, L. T., Pastor, E. M. H., Colman, D., Silva, F. M. M., y Teixeira, M. J. (2007) Documentação da síndrome dolorosa miofascial por imagem infravermelha Documentation of myofascial pain syndrome with infrared imaging. *Revista Acta Fisiátrica*, 14(1), 41-48.
- Buote, N., Fusco, J y Radasch, R., (2009). Age, tibial plateau angle, sex, and weight as risk factors for contralateral rupture of the cranial cruciate ligament in Labradors. *Veterinary Surgery*, 38(4), 481-489.
- Clark, J. A., y Cena, K. (1977). The potential of infra-red thermography in veterinary diagnosis. *The Veterinary Record*, 100(19), 402-404.
- Cook, J.L. (2012). Estabilización extracapsular. En P. Muir (Ed.). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino* (pp. 163-168). Barcelona: Multimédica.
- Cook, R.C. (2012). Ecografía de rodilla. En P. Muir (Ed.). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino* (pp. 117-121). Barcelona: Multimédica.
- Della Nina, M. I. (2012). *Avaliação termográfica comparativa da articulação do joelho íntegro e de cães submetidos a duas técnicas de osteotomia corretiva para estabilização articular após ruptura de ligamento cruzado cranial*. (Tesis de Doctorado). Universidade de São Paulo.
- Denoble, A. E., Hall, N., Pieper, C. F. y Kraus, V. B. (2010). Patellar skin surface temperature by thermography reflects knee osteoarthritis severity. *Clinical Medicine Insights: Arthritis and Musculoskeletal Disorders*, 3, 69-75.

- de 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.
- de Camargo Andrade Filho, A. C. (1999). Teletermografia: princípios físicos, fisiológicos e fisiopatológicos da produção da imagem e suas indicações na clínica de dor e reabilitação. *Acta Fisiátrica*, 6(2), 55-59.
- Duerr, F. M., Martin, K. W., Rishniw, M., Palmer, R. H. y Selmic, L. E. (2014). Treatment of canine cranial cruciate ligament disease. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 27(06), 478-483.
- Dyce, K. M., Sack, W. O., y Wensing, C. J. G. (2011). *Anatomía Veterinaria* (4^{ta} ed). Mexico D.F.. Manual Moderno
- Duval, J. M., Budsberg, S. C., Flo, G. L. y Sammarco, J. L. (1999). Breed, sex, and body weight as risk factors for rupture of the cranial cruciate ligament in young dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 215(6), 811-814.
- Eddy, A. L., Van Hoogmoed, L. M., y Snyder, J. R. (2001). The role of thermography in the management of equine lameness. *The Veterinary Journal*, 162(3), 172-181.
- Evans H.E y de Lahunta A. (2012). *Miller's anatomy of the dog* (4th ed.). St. Louis, Elsevier.
- Fischer, C., Nicolas, G.V., Opazo, A.J., Luzio, A. F y Troncoso, I.E. (2014). Métodos de diagnóstico y tratamientos utilizados para la ruptura del ligamento cruzado craneal en perros: encuesta a médicos veterinarios de Chile. *Archivos de medicina veterinaria*, 46(1), 133-137.
- Fossum, T.W. (2014). *Cirurgía en Pequeños Animais* (4^{ta} ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Fujita, Y., Hara, Y., Nezu, Y., Schulz, K. S. y Tagawa, M. (2006). Proinflammatory cytokine activities, matrix metalloproteinase-3 activity, and sulfated glycosaminoglycan content in synovial fluid of dogs with naturally acquired cranial cruciate ligament rupture. *Veterinary Surgery*, 35(4), 369-376.
- Grierson, J., Asher, L. y Grainger, K. (2011). An investigation into risk factors for bilateral canine cruciate ligament rupture. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24(03), 192-196.
- Gielen I., Saunders, J., van Ryssen, B. y van Bree, H. (2012). Tomografía Computarizada de la rodilla. En P. Muir (Ed.). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino* (pp. 123-134). Barcelona: Multimédica.

- Griffon, D.J. (2010). A review of the pathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease as a basis for future preventive strategies. *Veterinary Surgery*, 39(4), 399-409.
- Hayashi, K., Manley, P. A. y Muir, P. (2004). Cranial cruciate ligament pathophysiology in dogs with cruciate disease: a review. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 40(5), 385-390.
- Head, M. J. y Dyson, S. (2001). Talking the temperature of equine thermography. *The Veterinary Journal*, 3(162), 166-167.
- Heffron, L. E. y Campbell, J. R. (1978). Morphology, histology and functional anatomy of the canine cranial cruciate ligament. *The Veterinary Record*, 102(13), 280-283.
- Infernuso, T., Loughin, C.A., Marino, D.J., Umbaugh, S.E y Solt, P.S. (2010). Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament-deficient stifles in dogs. *Veterinary Surgery*, 39(4), 410-417.
- Innes, J.F., Bacon, D., Lynch, C y Pollard, A. (2000). Long-term outcome of surgery for dogs with cranial cruciate ligament deficiency. *Veterinary Record*, 147(12), 325-328.
- Jaeger H.G. y Budsberg, S.C. (2012). Tratamiento médico para la osteoartrosis de rodilla. En P. Muir (Ed.). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino* (pp. 135-142). Barcelona: Multimédica.
- Kastberger, G. y Stachl, R. (2003). Infrared imaging technology and biological applications. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 35(3), 429-439.
- Kobayashi, S., Baba, H., Uchida, K., Negoro, K., Sato, M., Miyazaki, T., ... y Meir, A. (2006). Microvascular system of anterior cruciate ligament in dogs. *Journal of Orthopaedic Research*, 24(7), 1509-1520.
- König, H.E. y Liebich H.G (2016). *Anatomia dos animais domésticos* (6^{ta} ed.). Porto Alegre. Artmed.
- Korvick, D.L., Pijanowski, G.J. y Schaeffer, D.J. (1994). Three-dimensional kinematics of the intact and cranial cruciate ligament-deficient stifle of dogs. *Journal of biomechanics*, 27(1), 77-87.
- Kowaleski, M.P., Boudrieau R.J. y Pozzi, A. (2012) Stifle Joint. En: K.M Tobias y S.A Johnston (Ed). *Veterinary Surgery: Small Animal*. (Volumen 1, pp. 906-998). St. Louis: Elsevier.
- Kramer, M., Stengel, H., Gerwing, M., Schimke, E. y Sheppard, C. (1999). Sonography of the canine stifle. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40(3), 282-293.

- Kwon, C. J., y Brundage, C. M. (2019). Quantifying body surface temperature differences in canine coat types using infrared thermography. *Journal of thermal biology*, 82, 18-22.
- Loughin, C. A. y Marino, D. J. (2007). Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 68(10), 1064-1069.
- Love, T. J. (1980). Thermography as an indicator of blood perfusion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 335(1), 429-437.
- Marino, D. J. y Loughin, C. A. (2010). Diagnostic imaging of the canine stifle: a review. *Veterinary Surgery*, 39(3), 284-295.
- McGowan, L., Loughin, C. A., Marino, D. J., Umbaugh, S. E., Liu, P., Amini, M., ... y Akerman, M. (2015). Medical infrared imaging of normal and dysplastic elbows in dogs. *Veterinary Surgery*, 44(7), 874-882.
- McKee, W. y Cook, L. (2010). La rodilla. En: J. Houlton, J. Cook, J. Innes, S. Langley-Hobbs. *Manual de alteraciones musculoesqueléticas en pequeños animales*. (pp. 463-520). Barcelona: Ediciones S.
- Muir, P. (2012). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino*. Barcelona: Multimédica.
- Muir, P., Schaefer, S. L., Manley, P. A., Svaren, J. P., Oldenhoff, W. E. y Hao, Z. (2007). Expression of immune response genes in the stifle joint of dogs with oligoarthritis and degenerative cranial cruciate ligament rupture. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 119(3-4), 214-221.
- O'Connor, B. L. y Woodbury, P. (1982). The primary articular nerves to the dog knee. *Journal of Anatomy*, 134(3), 563-572.
- Pavelski, M., Silva, D.M., Leite, N.C., Junior, D.A., De Sousa, R.S., Guérios, S.D. y Dornbusch, P.T. (2015). Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors and Healthy Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29(6), 1578-1583.
- Pond, M. J. y Campbell, J. R. (1972). The canine stifle joint I. Rupture of the anterior cruciate ligament: an assessment of conservative and surgical treatment. *Journal of Small Animal Practice*, 13(1), 1-10.
- Pozzi A. y Kim S.E. (2012). Biomecánica de la rodilla normal y con enfermedad del ligamento cruzado craneal. En P. Muir (Ed.). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino* (pp. 37-42). Barcelona: Multimédica.

- Roberto, J.V.B., Souza, B.B. (2014). Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2(3), 73-84.
- Redaelli, V., Bergero, D., Zucca, E., Ferrucci, F., Costa, L.N., Crosta, L. y Luzi, F. (2014). Use of thermography techniques in equines: principles and applications. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34(3), 345-350.
- Sample, S.J., Vanderby, R.Jr. y Muir, P. (2012). Biomecánica del ligamento cruzado. En P. Muir (Ed.). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino* (pp. 13-20). Barcelona: Multimédica.
- Scrivani P.V. (2012). Resonancia Magnética de la rodilla. En P. Muir (Ed.). *Avances en el ligamento cruzado anterior canino* (pp. 135-142). Barcelona: Multimédica.
- Slocum, B.S. y Slocum T.D. (1993). Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 23(4), 777-795
- Sumner, J. P., Markel, M. D. y Muir, P. (2010). Caudal cruciate ligament damage in dogs with cranial cruciate ligament rupture. *Veterinary Surgery*, 39(8), 936-941.
- Thomas, D., Cullum, D., Siahamis, G. y Langlois, S. (1990). Infrared thermographic imaging, magnetic resonance imaging, CT scan and myelography in low back pain. *British Journal of Rheumatology*, 29(4), 268-273.
- Thrall, D.E. (2013). *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. (6^{ta} ed.). St, Lois: Elsevier.
- Tirgari, M. (1978). The surgical significance of the blood supply of the canine stifle joint. *Journal of Small Animal Practice*, 19(1-12), 451-462.
- Turner, T. A. (1991). Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 7(2), 311-338.
- Turner, T. A. (2001). Diagnostic thermography. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 17(1), 95-114.
- Um, S.W., Kim, M.S., Lim, J.H., Kim, S.Y., Seo, K.M y Nam, T.C. (2005). Thermographic evaluation for the efficacy of acupuncture on induced chronic arthritis in the dog. *Journal of Veterinary Medical Science*, 67(12), 1283-1284.

- Vainionpää, M., Raekallio, M., Tuhkalainen, E., Hänninen, H., Alhopuro, N., Savolainen, M., ... y Vainio, O. (2012). Comparison of three thermal cameras with canine hip area thermographic images. *Journal of Veterinary Medical Science*, 74(12), 1539–1544.
- Whitehair, J. G., Vasseur, P. B. y Willits, N. H. (1993). Epidemiology of cranial cruciate ligament rupture in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 203(7), 1016-1019.
- Witsberger, T. H., Villamil, J. A., Schultz, L. G., Hahn, A. W., y Cook, J. L. (2008). Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 232(12), 1818-1824.
- Yarnall, B. W., Chamberlain, C. S., Hao, Z. y Muir, P. (2019). Proinflammatory polarization of stifle synovial macrophages in dogs with cruciate ligament rupture. *Veterinary Surgery*, 48(6), 1005-1012.

10. ANEXO

Anexo 1: registro de temperaturas en (°C) para “Mariachi”: temperatura por incidencia, la media de cada una de las 4 áreas (A1, A2, A3 y A4) proporcionada por el software FLIR Tools® en las tres vistas (V1, V2 y V3) para el miembro problema y el control.

| “Mariachi” | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MPD (RLCCr) | | | | MPI (Control) | | | | |
| CdC | | | | | | | | |
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| V1 | 33,6 | 33,3 | 33,8 | 33 | 34,1 | 37,1 | 37,1 | 34,7 |
| V2 | 33,5 | 33,5 | 33,8 | 32,8 | 34,3 | 37,1 | 37,4 | 34,9 |
| V3 | 33,6 | 33,5 | 33,5 | 32,8 | 33,7 | 36,6 | 37 | 34,5 |
| CrC | | | | | | | | |
| V1 | 34 | 34,2 | 35,1 | 33,8 | 34,5 | 35 | 35,5 | 35 |
| V2 | 34 | 34,3 | 35,1 | 33,9 | 34,7 | 35,2 | 35,6 | 35,2 |
| V3 | 34,1 | 34,4 | 35,3 | 34 | 34,8 | 35,3 | 35,3 | 35,9 |
| LM | | | | | | | | |
| V1 | 35 | 34,9 | 34,8 | 35,5 | 35,7 | 36 | 36,1 | 36,5 |
| V2 | 34,7 | 35,1 | 34,9 | 35,5 | 35,7 | 36 | 36,2 | 36,5 |
| V3 | 34,4 | 34,4 | 34,6 | 35 | 35,9 | 35,4 | 36,3 | 36,4 |
| ML | | | | | | | | |
| V1 | 40,7 | 40,7 | 40,5 | 40 | 39,3 | 38,3 | 36,7 | 38,1 |
| V2 | 40,9 | 40,9 | 40,7 | 40,1 | 39,4 | 38,5 | 36,7 | 37,9 |
| V3 | 40,5 | 41 | 40,7 | 40,2 | 39,7 | 38,7 | 37,2 | 38,6 |

Anexo 2: registro de temperaturas en (°C) para “Uma”: temperatura por incidencia, la media de cada una de las 4 áreas (A1, A2, A3 y A4) proporcionada por el software FLIR Tools® en las tres vistas (V1, V2 y V3) para el miembro problema y el control.

| “Uma” | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MPD (Control) | | | | MPI (RLCCr) | | | | |
| CdC | | | | | | | | |
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| V1 | 37,6 | 38,4 | 39 | 38,4 | 36,4 | 37,3 | 37,8 | 37,4 |
| V2 | 37,7 | 38,6 | 39 | 38,3 | 37,2 | 37,4 | 37,8 | 37,9 |
| V3 | 37,6 | 38,7 | 39,1 | 38,2 | 36,5 | 38 | 38,2 | 37,3 |
| CrC | | | | | | | | |
| V1 | 38 | 37,8 | 37,8 | 38,1 | 37,2 | 37,3 | 37,1 | 36,8 |
| V2 | 37,9 | 37,9 | 37,8 | 38 | 37,1 | 37,3 | 37,1 | 36,7 |
| V3 | 38,1 | 38 | 37,8 | 38,2 | 37,1 | 37,2 | 37 | 36,7 |
| LM | | | | | | | | |
| V1 | 39,4 | 38,9 | 39,3 | 39,5 | 37,9 | 38,2 | 38,6 | 37,9 |
| V2 | 39,3 | 38,9 | 39,1 | 39,5 | 37,9 | 38,1 | 38,4 | 37,9 |
| V3 | 39,4 | 39 | 39,2 | 39,5 | 37,9 | 38 | 38,6 | 38 |
| ML | | | | | | | | |
| V1 | 40,5 | 40,6 | 40,7 | 40,1 | 40,7 | 40,6 | 39,8 | 40 |
| V2 | 40,7 | 40,6 | 40,9 | 40,3 | 40,6 | 40,5 | 39,8 | 39,9 |
| V3 | 40,6 | 40,6 | 40,7 | 40,1 | 40,7 | 40,6 | 39,8 | 40 |

Anexo 3: registro de temperaturas en (°C) para “Rulo”: temperatura por incidencia, la media de cada una de las 4 áreas (A1, A2, A3 y A4) proporcionada por el software FLIR Tools® en las tres vistas (V1, V2 y V3) para el miembro problema y el control.

| “Rulo” | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MPD (RLCCr) | | | | MPI (Control) | | | | |
| | A1 | A2 | A3 | CdC | | | | |
| | | | | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| V1 | 36,6 | 35,8 | 35,4 | 37,7 | 36,8 | 34 | 35,8 | 38,1 |
| V2 | 37,1 | 36,1 | 35,9 | 38 | 36,5 | 34 | 35,9 | 37,9 |
| V3 | 37,5 | 35,7 | 35,9 | 38,2 | 36,4 | 34,3 | 35,7 | 38,1 |
| CrC | | | | | | | | |
| V1 | 35,5 | 35,6 | 34,8 | 35,7 | 34,8 | 35,3 | 36 | 34,6 |
| V2 | 35,4 | 34,9 | 34,8 | 35,4 | 34,9 | 35,1 | 35,9 | 34,9 |
| V3 | 35,5 | 35,5 | 34,9 | 35,7 | 35,2 | 35,3 | 36 | 34,9 |
| LM | | | | | | | | |
| V1 | 35,1 | 35 | 34,2 | 34,7 | 37,9 | 38 | 38,1 | 37,5 |
| V2 | 35,1 | 35 | 34,3 | 34,7 | 38 | 37,9 | 38,2 | 37,7 |
| V3 | 35 | 34,9 | 34,4 | 34,7 | 38 | 37,9 | 38,1 | 37,6 |
| ML | | | | | | | | |
| V1 | 39 | 39 | 39,3 | 38,8 | 39 | 38,8 | 38,4 | 39,5 |
| V2 | 39 | 38,9 | 39,1 | 38,7 | 39,3 | 39,1 | 38,8 | 39,7 |
| V3 | 38,9 | 39,1 | 39 | 38,6 | 38,4 | 38,1 | 37,9 | 38,6 |

Anexo 4: registro de temperaturas en (°C) para “Tobby”: temperatura por incidencia, la media de cada una de las 4 áreas (A1, A2, A3 y A4) proporcionada por el software FLIR Tools® en las tres vistas (V1, V2 y V3) para el miembro problema y el control.

| “Tobby” | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MPD (RLCCr) | | | | MPI (Control) | | | | |
| | A1 | A2 | A3 | CdC | | | | |
| | | | | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| V1 | 29,2 | 28,8 | 29,4 | 28,3 | 30,3 | 30,3 | 30,2 | 31,8 |
| V2 | 29 | 28,2 | 29,1 | 28,3 | 30,3 | 29,8 | 30,2 | 31,7 |
| V3 | 28,8 | 27,9 | 29,2 | 28,3 | 30,4 | 29,7 | 30,1 | 31,6 |
| CrC | | | | | | | | |
| V1 | 30,5 | 31,2 | 31,8 | 31,7 | 33,1 | 32,4 | 32,9 | 33,3 |
| V2 | 30,7 | 31,2 | 32 | 32 | 33,3 | 32,6 | 32,9 | 33,2 |
| V3 | 30,4 | 31,2 | 31,8 | 31,7 | 33,2 | 32,5 | 32,9 | 33,2 |
| LM | | | | | | | | |
| V1 | 30,9 | 31,3 | 32,1 | 31,6 | 32,9 | 33 | 34 | 33,7 |
| V2 | 30,9 | 31,3 | 32 | 31,6 | 33,2 | 33,5 | 34,2 | 33,9 |
| V3 | 31 | 31,3 | 32 | 31,6 | 33 | 33,3 | 33,8 | 33,9 |
| ML | | | | | | | | |
| V1 | 36,4 | 36,9 | 36 | 35,4 | 37 | 36,6 | 35,8 | 37 |
| V2 | 36,3 | 37 | 35,9 | 35,3 | 37 | 36,7 | 35,7 | 37 |
| V3 | 36,1 | 36,8 | 35,9 | 35,3 | 37,4 | 36,9 | 35,6 | 37,1 |

Anexo 5: registro de temperaturas en (°C) para “Uma II”: temperatura por incidencia, la media de cada una de las 4 áreas (A1, A2, A3 y A4) proporcionada por el software FLIR Tools® en las tres vistas (V1, V2 y V3) para el miembro problema y el control.

| “Uma II” | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MPD (Control) | | | | MPI (RLCCr) | | | | |
| | A1 | A2 | A3 | CdC | | | | |
| | | | | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| V1 | 25,9 | 26 | 26,1 | 26,7 | 29 | 28,1 | 31,5 | 29 |
| V2 | 25,8 | 26,1 | 27,1 | 25,8 | 29,7 | 28,6 | 31,6 | 29 |
| V3 | 25,6 | 26,1 | 25,9 | 27 | 29,8 | 29,1 | 31,2 | 28,7 |
| | | | | CrC | | | | |
| V1 | 28,5 | 28,5 | 26,2 | 26,4 | 29,6 | 28,9 | 28,9 | 27,6 |
| V2 | 28,4 | 28,5 | 26,1 | 26,3 | 29,4 | 28,7 | 29,2 | 27,4 |
| V3 | 27,8 | 28,6 | 26,3 | 26,3 | 29,1 | 28,8 | 29,7 | 27,5 |
| | | | | LM | | | | |
| V1 | 30 | 31 | 29,8 | 29,7 | 30 | 29,3 | 28,8 | 29,3 |
| V2 | 29,5 | 30,5 | 29,8 | 30,5 | 30 | 29,3 | 28,9 | 29,4 |
| V3 | 29,9 | 30,9 | 29,8 | 30,1 | 30,1 | 29,2 | 28,8 | 29,9 |
| | | | | ML | | | | |
| V1 | 31,8 | 30,2 | 30,5 | 30,8 | 31,3 | 31,1 | 28,9 | 30,3 |
| V2 | 31,9 | 30,2 | 30,6 | 30,7 | 31,4 | 31 | 28,6 | 29,9 |
| V3 | 32,1 | 32 | 31,3 | 30,5 | 30,9 | 30,4 | 28,9 | 30,3 |

Anexo 6: registro de temperaturas en (°C) para “Ciara”: temperatura por incidencia, la media de cada una de las 4 áreas (A1, A2, A3 y A4) proporcionada por el software FLIR Tools® en las tres vistas (V1, V2 y V3) para el miembro problema y el control.

| “Ciara” | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MPD (Control) | | | | MPI (RLCCr) | | | | |
| | A1 | A2 | A3 | CdC | | | | |
| | | | | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| V1 | 37,4 | 35,3 | 37,5 | 39,1 | 37,3 | 36,7 | 37,1 | 38,1 |
| V2 | 37,7 | 37,4 | 37,4 | 39,1 | 37,6 | 36,8 | 37,1 | 38,1 |
| V3 | 38,2 | 37,4 | 37,6 | 39 | 37,5 | 36,9 | 37,3 | 37,9 |
| | | | | CrC | | | | |
| V1 | 38,9 | 38,1 | 37,7 | 38,8 | 37,6 | 37,4 | 38,5 | 38 |
| V2 | 39,3 | 38,4 | 38 | 39,2 | 37,5 | 37,4 | 38,5 | 37,8 |
| V3 | 39,3 | 38,3 | 37,9 | 39 | 38,3 | 39,1 | 39,3 | 39 |
| | | | | LM | | | | |
| V1 | 39,6 | 39,5 | 39,7 | 39,7 | 39,5 | 39,5 | 39,7 | 39,7 |
| V2 | 39,5 | 39,5 | 39,6 | 39,6 | 39,4 | 39,5 | 39,6 | 39,6 |
| V3 | 39,6 | 39,4 | 39,7 | 39,7 | 39,3 | 39,4 | 39,4 | 39,5 |
| | | | | ML | | | | |
| V1 | 39,9 | 39,7 | 40 | 40,1 | 40,4 | 39,9 | 40,2 | 40,4 |
| V2 | 39,6 | 39,6 | 39,8 | 39,8 | 40,5 | 40,1 | 40,2 | 40,5 |
| V3 | 39,6 | 39,4 | 39,6 | 39,7 | 40,6 | 40,1 | 40,3 | 40,5 |

Anexo 7: registro de temperaturas en (°C) para “Morales”: temperatura por incidencia, la media de cada una de las 4 áreas (A1, A2, A3 y A4) proporcionada por el software FLIR Tools® en las tres vistas (V1, V2 y V3) para el miembro problema y el control.

| “Morales” | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MPD (Control) | | | | MPI (RLCCr) | | | | |
| | A1 | A2 | A3 | CdC | | | | |
| | | | | A4 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| V1 | 35,1 | 33,8 | 33,5 | 35,5 | 34,1 | 34 | 35,2 | 34,1 |
| V2 | 35 | 34,1 | 33,4 | 35,5 | 34,4 | 34,4 | 35,5 | 34,1 |
| V3 | 35,1 | 34,1 | 33,5 | 35,8 | 34,4 | 34,1 | 35,5 | 34,3 |
| | | | | CrC | | | | |
| V1 | 34,9 | 35,2 | 34,4 | 34,6 | 35,1 | 35,4 | 35 | 34,2 |
| V2 | 35 | 35,2 | 34,5 | 34,6 | 35,1 | 35,4 | 35,1 | 34,3 |
| V3 | 34,8 | 35,1 | 34,3 | 34,6 | 35,1 | 35,4 | 35 | 34,3 |
| | | | | LM | | | | |
| V1 | 36,8 | 36,9 | 37 | 37,1 | 37 | 36,8 | 37,2 | 36,7 |
| V2 | 36,7 | 36,9 | 37 | 37,1 | 36,8 | 36,5 | 37,2 | 36,7 |
| V3 | 36,6 | 37 | 37 | 37,3 | 36,9 | 36,7 | 37,1 | 36,6 |
| | | | | ML | | | | |
| V1 | 38 | 39 | 37,6 | 37,2 | 39,4 | 38,8 | 39 | 39,7 |
| V2 | 38,7 | 39,4 | 38,4 | 37,7 | 39,3 | 38,7 | 38,9 | 39,6 |
| V3 | 38,2 | 39 | 38,4 | 37,3 | 39,4 | 38,2 | 38,5 | 39,2 |