

Artículo de investigación

Descripción morfológica y biomecánica de la rodilla del caballo

Morphological and biomechanical description of the horse knee

Descrição morfológica e biomecânica do joelho do cavalo

Manuel Alexis Saldivia Paredes ^{1*} MV, MSc. ✉ [ORCID](#), Paz Lourdes Yaeger Jaramillo ¹ Est. MV.

* Autor para correspondencia.

¹ Facultad de ciencias de la naturaleza, carrera de Medicina Veterinaria, Universidad San Sebastián, Sede de la Patagonia, Lago Panguipulli 1390, Chile.

Fecha correspondencia:

Recibido: octubre 10 de 2022.

Aceptado: diciembre 20 de 2022.

Forma de citar:

Saldivia Paredes MA, Yaeger Jaramillo PL. Descripción morfológica y biomecánica de la rodilla del caballo. CES Med. Zootec. 2022; 17(3): 46-64 <https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.7008>

[Open access](#)

[© Derecho de autor](#)

[Licencia creative commons](#)

[Ética de publicaciones](#)

[Revisión por pares](#)

[Gestión por Open Journal System](#)

DOI: 10.21615/cesmvz.7008

ISSN: 1900-9607

[Publica con nosotros](#)

Resumen

La rodilla es una de las articulaciones sinoviales más grandes del cuerpo y una de las más complejas en su morfología y biomecánica. Se constituye por el punto de contacto de estructuras óseas, cartilaginosas, ligamentosas, vasculares y musculares que al funcionar de manera integrada permiten otorgar una capacidad extensora, flexora y leve rotación. El equino se caracteriza por disponer de un mecanismo de bloqueo patelar conocido como sistema recíproco patelar, la cual tiene como finalidad permitir generar una resistencia patelar al momento de ser posicionada, generando una mayor distribución del peso corporal a nivel de la articulación fijada, lo cual permite que la otra extremidad pélvica pueda descansar en una posición de relajación y semiflexión del pie. El objetivo del siguiente estudio fue realizar una descripción morfológica de las estructuras anatómicas macroscópicas, que participan en la conformación de la articulación de la rodilla del equino y como ellas pueden permitir una funcionalidad biomecánica particular. Para ello se realizaron disecciones de ocho rodillas de equinos conservados y las descripciones óseas fueron de diez rodillas ya trabajadas por medio de osteotecnica en el laboratorio de anatomía veterinaria, de la Universidad San Sebastián, sede de la Patagonia.

Palabras clave: rodilla; articulación; sinovial; recíproco; patelar.

Abstract

The knee is one of the largest synovial joints in the body and one of the most complex in its morphology and biomechanics. It is constituted by the contact point of bony, cartilaginous, ligamentous, vascular, and muscular structures that, when functioning in an integrated manner, allow granting an extensor, flexor and slight rotation capacity. The equine is characterized by having a patellar locking mechanism known as the reciprocal patellar system, which has the purpose of generating patellar resistance when it is positioned, generating a greater distribution of body weight at the level of the fixed joint, which allows the other pelvic limb to rest in a position of relaxation and semiflexion of the foot. The objective of the following study was to carry out a morphological description of the macroscopic anatomical structures that participate in the conformation of the equine knee joint and how they can allow a particular biomechanical functionality. For this, dissections of eight preserved equine knees were performed and the bone descriptions were of ten knees already worked through osteotechnics in the veterinary anatomy laboratory of the San Sebastián University, headquarters of Patagonia.

Keywords: *knee; joint; synovial; reciprocal; patellar.*

Resumo

O joelho é uma das maiores articulações sinoviais do corpo e uma das mais complexas em sua morfologia e biomecânica. É constituído pelo ponto de contacto de estruturas ósseas, cartilaginosas, ligamentares, vasculares e musculares que, funcionando de forma integrada, permitem conceder uma capacidade extensora, flexora e ligeira rotação. O equino caracteriza-se por possuir um mecanismo de travamento patelar conhecido como sistema patelar recíproco, que tem a finalidade de gerar resistência patelar ao ser posicionado, gerando uma maior distribuição do peso corporal ao nível da articulação fixa, o que permite que a outra pelve membro para descansar em uma posição de relaxamento e semiflexão do pé. O objetivo do estudo a seguir foi realizar uma descrição morfológica das estruturas anatômicas macroscópicas que participam da conformação da articulação do joelho equino e como elas podem permitir uma determinada funcionalidade biomecânica. Para isso, foram realizadas dissecções de oito joelhos equinos preservados e as descrições ósseas foram de dez joelhos já trabalhados através de osteotécnica no laboratório de anatomia veterinária da Universidade San Sebastián, sede da Patagônia.

Palavras-chave: *joelho; articulação; sinovial; recíproca; patelar.*

Introducción

Una de las articulaciones de mayor complejidad y tamaño del cuerpo corresponde a la rodilla. Caracterizada por ser una articulación de tipo sinovial y morfológicamente constituida por estructuras óseas, cartilaginosas, ligamentosas, vasculares y musculares que al funcionar de

manera integrada permiten otorgar una capacidad extensora, flexora y leve rotación, otorgándole una biomecánica particular.

Los huesos que conforman la articulación de la rodilla son: fémur, patela y tibia. El fémur es un hueso grande y fuerte que proporciona una gran área para la unión de los principales músculos de la extremidad pélvica ⁽¹⁾. Este hueso se caracteriza por ser largo con una epífisis proximal, cuerpo o diáfisis y una epífisis distal ⁽²⁾.

A nivel de su epífisis distal se puede observar la presencia de dos cóndilos femorales de gran tamaño, dispuestos por medial y lateralmente, los cuales toman contacto con su cara distal con las caras proximales de los cóndilos medial y lateral de la epífisis proximal de la tibia, permitiendo transferir el peso del cuerpo al segmento distal de la rodilla ^(3, 4). El cóndilo femoral medial es mucho más amplio y redondeado, presentando además una eminencia ósea en su margen medial correspondiendo a su epicóndilo medial ⁽⁵⁾. El cóndilo femoral lateral, a diferencial de cóndilo femoral medial es más reducido de tamaño y plano el cual además destaca por limitar con la presencia de una fosa extensora amplia y profunda y un epicóndilo lateral menos visibles que el del segmento medial ^(4, 6). Entre ambos cóndilos se genera un punto de separación conocido como fosa intercondilar el cual limita próximo caudalmente con el área de impresión del ligamento menisco femoral lateral y cara poplítea ^(7, 8).

Desde una vista craneal a nivel de este segmento anatómico es posible visualizar la conformación de la tróclea, esta se divide en una cresta lateral siendo plana y pequeña con respecto a la cresta medial la que es más globosa y de gran tamaño, además participa en la formación a nivel proximal del tubérculo troclear, el cual puede actuar como un "atrapador" para el fibrocartílago rotuliano y el ligamento patelar medial, lo que permite bloquear la articulación en extensión ^(8, 9).

La patela corresponde a un hueso sesamoideo ubicado en el extremo terminal del tendón del músculo cuádriceps femoral. Proporciona un punto de apoyo para aumentar la potencia extensora de la rodilla y sirve como estructura estabilizadora ⁽¹⁰⁾. Se articula sobre una amplia superficie de la tróclea del fémur, formando la articulación femoro patelar, la cual se desliza sincronizadamente con cada movimiento de la articulación femorotibial sobre esta última ^(5, 6, 11) (Figura 6).

Se encuentra topográficamente a nivel craneal de la epífisis distal del fémur, en un espacio conformado por los extremos proximales de las crestas trocleares conocido el nombre de fosa troclear ⁽⁴⁾. Este hueso se caracteriza por presenta a nivel proximal una base y distalmente un vértice patelar, punto de referencias donde se presenta el origen de los ligamentos patelares lateral e intermedio, a nivel medial se presenta su borde medial donde es posible visualizar el origen del ligamento patelar medial ^(12, 13). Posee una cara craneal y caudal o articular patelar, quién toma contacto con el fémur por medio de su proceso cartilaginoso, el cual corresponde

a una estructura extra que evita la fricción de la patela cuando se inserte en la fosa troclear del fémur ⁽⁸⁾ (Figuras 4 y 5).

La tibia tiene una participación importante en la formación de la articulación de la rodilla, esto hace que su extremo proximal este altamente desarrollado. Incluye superficies articulares para los cóndilos del fémur y los meniscos, como también superficies para la inserción de sus ligamentos de sostén y para los ligamentos cruzados ^(8, 12, 14).

Su epífisis proximal está constituida por dos cóndilos tibiales de forma redondeada y aplanada ⁽²⁾. Entre ambos cóndilos se forman dos eminencias intercondilares y dos áreas intercondilares divididas en: craneal, media y caudal ^(5, 13).

A nivel craneal se puede observar la presencia de una cresta tibial, acompañada de una tuberosidad tibial y un surco muy profundo en esta especie, que corresponde al surco de la tuberosidad tibial ^(8, 15) (Figura 7). Lateral a la tuberosidad tibial se distingue un surco denominado extensor, el cual permite el paso del tendón del músculo extensor digital largo ⁽⁴⁾. En su margen caudal entre ambos cóndilos se observa una incisura poplítea permitiendo el paso de tendones musculares poplíteos y de los vasos poplíteos ^(10, 16).

La articulación de la rodilla o también conocida como articulación femoro-tibio patelar, corresponde a una articulación de gran movilidad, clasificada como diartroidea o sinovial, participando en movimientos de flexión y extensión ⁽²⁾. La rodilla tiene una disposición compleja de tejidos blandos estructuras que incluyen dos meniscos, doce ligamentos y numerosas estructuras de soporte músculo tendinoso ⁽¹⁷⁾.

Su cápsula articular presenta una porción fibrosa, la cual es gruesa caudalmente y delgada cranealmente ^(5, 8). Entre la división articular de la cápsula de esta articulación, es posible observar la presencia de bursas o sacos sinoviales femoropatelares, los cuales tiene una comunicación muy limitada entre ellas, solo presentándose la mayoría de las ocasiones un contacto del saco sinovial medial con la cápsula articular en un 65% en esta especie ⁽¹⁸⁾. Con respecto al saco sinovial lateral, se caracteriza por tomar contacto con el origen del músculo poplíteo y origen del músculo extensor digital largo y fibular tercero ⁽¹⁵⁾.

El tendón del músculo poplíteo, en esta especie se caracteriza por ser intraarticular y divide la bolsa caudal de la articulación femorotibial lateral en compartimentos proximal y distal. Este tendón viaja en profundidad al ligamento colateral lateral entre el menisco lateral y la cápsula articular ⁽¹⁶⁾.

A nivel del compartimiento subaponeurótico de la zona craneal de la rodilla, es posible distinguir tres planos anatómicos : uno superficial donde se encuentran las fibras del recto femoral que se fijan en la base de la patela y se extiende por este hueso y el tendón patelar

hasta la tuberosidad de la tibia; un plano intermedio, formado por la porción terminal de los músculos vasto medial y lateral con sus expansiones tendinosas que se insertan en la base y los bordes de la patela; un plano profundo, donde se ubica la porción terminal del vasto intermedio ^(1, 4, 5).

El tendón patelar se compone de tres láminas, que se superponen de superficial a profundo: la lámina superficial, proveniente del m. recto femoral; la lámina media, derivada de los vastos medial y lateral; la lámina profunda procedente del vasto intermedio ^(4, 19).

A nivel proximal y distal de la patela, se presenta un tejido adiposo patelar que se caracteriza por ser una estructura muy vascularizadas e inervada ^(8, 20). Este tejido adiposo tiene una relación directa de patela a nivel proximal con el tendón patelar, la cápsula articular y los cuernos meniscales craneales, en su margen craneal se relaciona con la tibia proximal y la bursa infrapatelar profunda (distal), y sus bordes laterales están engrosados gracias a su unión con los ligamentos meniscos femorales los cuales se fusionan con la membrana sinovial en su parte caudal ^(13, 15, 21).

Los ligamentos estabilizadores de la articulación femoropatelar, corresponde a los ligamentos femorapatelares lateral y medial y los ligamentos patelares medial, intermedio y lateral ^(2, 22). El ligamento femoro patelar lateral se observa entre el borde lateral patelar y epicóndilo lateral del fémur, inmediatamente proximal al ligamento colateral lateral ⁽²⁾. Con respecto al ligamento femoro patelar medial, se caracteriza por ser más grueso y menos distinguible con su unión a la cápsula articular. Se observa desde el fibrocartílago para patelar hasta el epicóndilo medial del fémur ^(4, 5).

Con respecto a los ligamentos patelares, se caracterizan por ser tres bandas muy fuertes que unen la patela a la tuberosidad tibial ⁽⁴⁾. El ligamento patelar lateral se inserta en la zona proximal del borde craneal en la tuberosidad de la tibia y es palpable como una prolongación directa. El ligamento patelar intermedio termina en el surco de la tuberosidad de la tibia, este ligamento, pasa en su origen sobre una bolsa infrapatelar proximal y en su inserción sobre una bolsa infrapatelar distal ^(5, 8). El ligamento patelar medial se inserta medialmente en la tuberosidad de la tibia. Los ligamentos patelares medial y lateral forman, junto con la patela y su cartílago de inserción medial, un asa, que, mediante la contracción del músculo bíceps femoral, eleva y fija la patela sobre la tróclea del fémur (enganche patelar) ^(4, 5, 15).

Los cuatro ligamentos responsables de estabilizar la articulación femorotibial son los ligamentos colaterales medial y lateral y ligamentos cruzado craneal y caudal ⁽¹⁷⁾. El ligamento colateral medial une el epicóndilo medial del fémur con la zona rugosa distal del cóndilo medial de la tibia ⁽⁴⁾. El ligamento colateral lateral, también denominado ligamento fibular, es mucho más grueso que el medial ^(4, 6), es uno de los estabilizadores críticos de la articulación de la

rodilla. Su origen es del epicóndilo lateral del fémur y su inserción en la cabeza de la fíbula, su función principal es evitar el exceso de tensión en varo y la rotación caudo lateral ⁽²²⁾.

Con respecto a los ligamentos cruzados se ubican desde el espacio Intercondilar femoral distal, entre el cóndilo femoral medial y lateral ^(23, 24), hasta sus uniones en las áreas intercondilares craneal y caudal, entre las mesetas tibiales (cóndilos tibiales) ⁽²⁵⁾. El ligamento cruzado craneal tiene como origen proximal la superficie caudomedial del cóndilo femoral lateral, pasa diagonalmente a través del espacio intercondilar y se inserta distalmente en el área intercondilar craneal de la tibia ⁽²⁶⁾.

La función principal del LCCr, es evitar el desplazamiento craneal de la tibia con respecto al fémur y evitar un excesivo valgus y varus. El ligamento se encuentra dividido en bandas, una craneomedial y otra caudolateral, las cuales poseen diferentes puntos de inserción en el plato tibial ^(24, 27). El LCCr también funciona limitando la rotación interna de la tibia; mientras se encuentra flectada, los ligamentos cruzados craneal y caudal se tuercen entre sí, limitando el grado de rotación interna de la tibia en relación con el fémur ⁽²⁸⁾.

Ligamento cruzado caudal que discurre desde la fosa intercondílea, concretamente desde la cara medial del cóndilo medial del fémur, hasta la incisura poplíteo de la tibia. Su función es evitar el movimiento hacia caudal de la tibia en relación con el fémur (cajón posterior) ^(30, 31).

Entre cada cóndilo femoral y tibial se localizan los meniscos los cuales corresponden a fibrocartílago en forma de C con bordes periféricos gruesos y áreas centrales cóncavas delgadas que compensan la falta de concordancia entre la tibia y fémur ^(5, 32). La unión de ambos meniscos insertos en las áreas intercondilares es por medio de los ligamentos meniscos tibiales craneales y caudales ⁽²⁾.

El menisco medial, presenta una unión de su cuerno craneal con mayor frecuencia al área intercondílar craneal, limitando cranealmente con el ligamento cruzado craneal. El cuerno caudal se une a la tibia justo por craneal al sitio de inserción del ligamento cruzado caudal ⁽²⁷⁾.

El borde periférico del menisco medial se fusiona con la cápsula articular de la rodilla y está unido a la tibia por el ligamento coronario (menisco tibial) ⁽²⁷⁾. El menisco lateral es considerablemente más móvil que el medial. El cuerno craneal del menisco lateral se une a la fosa intercondilar adyacente al sitio de unión del ligamento cruzado craneal. El cuerno caudal se une a la tibia cerca del sitio de inserción del ligamento cruzado caudal, y al cóndilo femoral medial a través de los ligamentos meniscofemoral craneal y caudal y tendón poplíteo ^(2, 4, 8, 27).

En relación con la biomecánica de la rodilla, los principales movimientos de la articulación de la rodilla son la flexión y extensión ^(2, 4). El equino en pie presenta un ángulo articular caudal de

150°⁽⁴⁾. Los movimientos de Flexión de la rodilla equina están limitados por el contacto de la pierna con el muslo y la extensión por la tensión de la ligamentos cruzados y colaterales⁽¹⁷⁾.

Durante la flexión y extensión, el movimiento principal de la articulación de la rodilla es el deslizamiento proximal y distalmente de la patela sobre la tróclea femoral, mientras que los cóndilos femorales medial y lateral giran y se deslizan sobre los cóndilos tibiales correspondientes^(2, 17). Durante la Extensión de la babilla articulación por acción del cuádriceps femoral, tensor fascia lata y división craneal del bíceps femoral músculos está limitada por la tensión de la colateral y ligamentos cruzados. Flexión de la articulación por el semitendinoso, división media del bíceps femoral. Los músculos poplíteo y gastrocnemio están limitados únicamente por las masas musculares caudales⁽¹⁵⁾.

Estudios de⁽⁴⁾ en investigaciones sobre Caracterización biocinemática, al paso guiado a la mano, del caballo fino chilote indican que la rodilla del equino puede presentar una extensión de 131,3° y flexión 85°. El equino destaca por presentar un mecanismo biomecánico articular a nivel de la articulación de la rodilla y tarsal⁽³⁴⁾. La fijación se genera cuando el ligamento patelar medial permanece enganchado sobre la cresta troclear medial del fémur y bloquea el aparato reciproco con la extremidad en extensión^(4, 5). Tiene como finalidad permitir generar una resistencia patelar al momento de ser posicionada, generando una mayor distribución del peso corporal a nivel de la articulación fijada, lo cual permite que la otra extremidad pélvica pueda descansar en una posición de relajación y semiflexión del pie⁽³⁴⁾.

De esta manera a través del presente estudio se buscó poder realizar descripciones en detalle sobre aspectos morfológicos y biomecánico de la rodilla que caracterizan al equino.

Metodología

Ubicación

El estudio se ejecutó en el laboratorio de anatomía veterinaria, de la Universidad San Sebastián, sede de la Patagonia Chile.

Muestras

Se realizó la observación y descripción osteológica, artrológica y biomecánica de todos los componentes que participan en la conformación morfológica de la rodilla del equino. Para la descripción de estructuras ligamentosas, cartilagosas y musculares, se utilizaron ocho rodillas conservadas en de equinos adultos, sin distinción de raza, sexo y de edades superiores a 4 años.

Antes de iniciar la descripción anatómica de las muestras de estudio, se inició con la medición por medio de goniometría de la extensión y flexión de las rodillas. Las cuales se mantuvieron en refrigeración antes de ser diseccionadas y conservadas evitando generar restricción en su

capacidad móvil. Los diferentes rangos de movilidad articular se relacionaron con lo descrito en la literatura respecto a esta especie (Tabla 1).

Las rodillas fueron diseccionadas y deshidratadas por medio de la inmersión con acetona al 70%; por un periodo de seis semanas, aumentando semanalmente la concentración del solvente, hasta lograr una deshidratación por lo menos del 99% ⁽³⁵⁾. Su conservación fue por medio de glicerina, la cual permite generar un efecto prolongado en la durabilidad y laxitud en el tiempo ⁽³⁶⁾. Con respecto a las descripciones osteológicas, se utilizaron diez rodillas, ya trabajadas en años anteriores por medio de osteotecnica en el laboratorio de anatomía veterinaria de la universidad San Sebastián, sede de la Patagonia.

Tipo de estudio

El presente estudio fue de tipo descriptivo, siguiendo un orden metódico y abordado desde una vista general hasta una descomposición estructural, con el fin de orientar al lector espacial y topográficamente, para después continuar detenidamente en cada uno de los segmentos y piezas que componen ese todo, utilizando diferentes términos direccionales y planimetría guiado por medido de la nómina anatómica veterinaria ⁽³⁷⁾.

Comité de ética

De acuerdo con la disposición de los cuerpos ya conservados en el laboratorio de anatomía y parte de los órganos aislados en años previos el comité de ética en cuidado y uso de animales en investigación USS, resuelve que no es posible emitir pronunciación alguna.

Descripciones anatómicas

Disección extracapsular

El punto de inicio de la disección fue por medio del margen medial de las rodillas, con la intención de lograr un buen punto de separación de estructuras tegumentarias y fascia musculares que permitan poder observar de una manera más clara la presencia de la cápsula articular y ligamentos extracapsulares. Para lograr una identificación clara del segmento capsular y diferenciar los puntos de contacto patelar y bursas femoro patelares, se realizó separación de gran parte de la musculatura que conforma el cuádriceps femoral, asilando puntualmente al tendón patelar y la fascia de adherencia del margen proximal y craneal de la patela. Al lograr separar todas estructuras se inicia con el proceso de deshidratación y conservación y posterior identificación de las estructuras a las seis semanas (Figura 1).

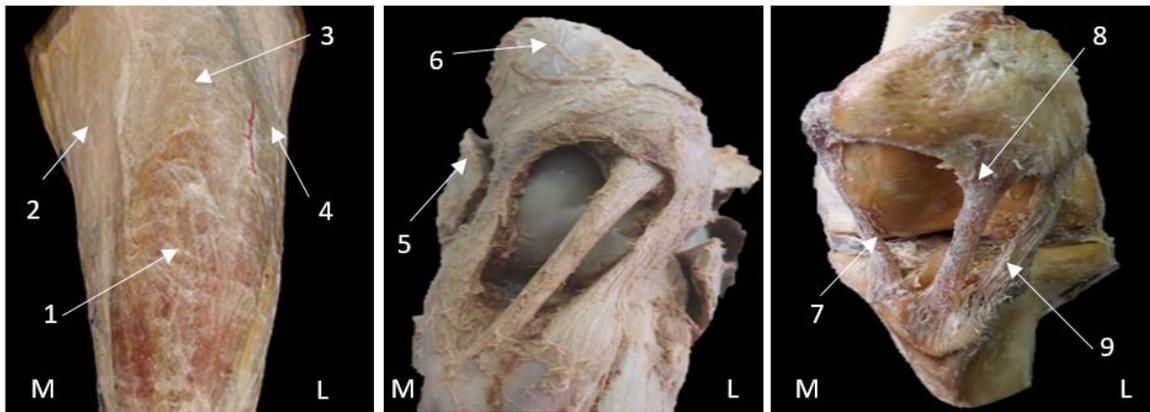


Figura 1. Vista craneal disecionada y conservada de la rodilla, se puede observar:
 (1) Fascia genual, (2) M. vasto medial, (3) M. recto femoral, (4) M. vasto lateral,
 (5) Cápsula articular, (6) Tendón patelar, (7) Ligamento patelar medial,
 (8) Ligamento patelar intermedio, (9) Ligamento patelar lateral.

Fuente: Unidad de anatomía veterinaria, USS, sede de la Patagonia, Puerto Montt, Chile. (M: Medial, L: Lateral).

Disección intracapsular

Posterior al término de la disección de las estructuras extracapsulares se inició con la separación de los ligamentos patelares y colaterales, para la exposición de las estructuras intracapsulares. Los meniscos se identifican como dos discos de forma semilunar de tonalidad blanquecina, observándose el menisco medial más delgado, cóncavo y ancho, respecto al menisco lateral el cual es más grueso y convexo, acompañado de una coloración más oscura lo que se condice a su mayor capacidad de vascularización (Figuras 2 y 3).

Con respecto a las descripciones osteológicas se utilizaron 10 rodillas, ya trabajadas en años anteriores por medio de osteotecnica. El método de obtención de las piezas óseas fue por medio de un proceso de maceración en agua por 6 a 8 meses, posteriormente, se realizó la cocción del segmento apendicular por 30 a 45 minutos, acompañado de un desengrasante e hidróxido de potasio para acelerar el proceso de degradación de tejido orgánico aun presente en los huesos.

El secado de las estructuras óseas fue por medio de temperatura ambiente por un periodo de 24 horas diarias en un total de 3 días. La unión de las estructuras óseas (epífisis distal del fémur, patela y epífisis proximal de la tibia) fue por medio de la utilización de alambre galvanizado de calibre 18 de 1,2 mm, y agujeros de conexión fueron realizados con broca de diámetro 4.

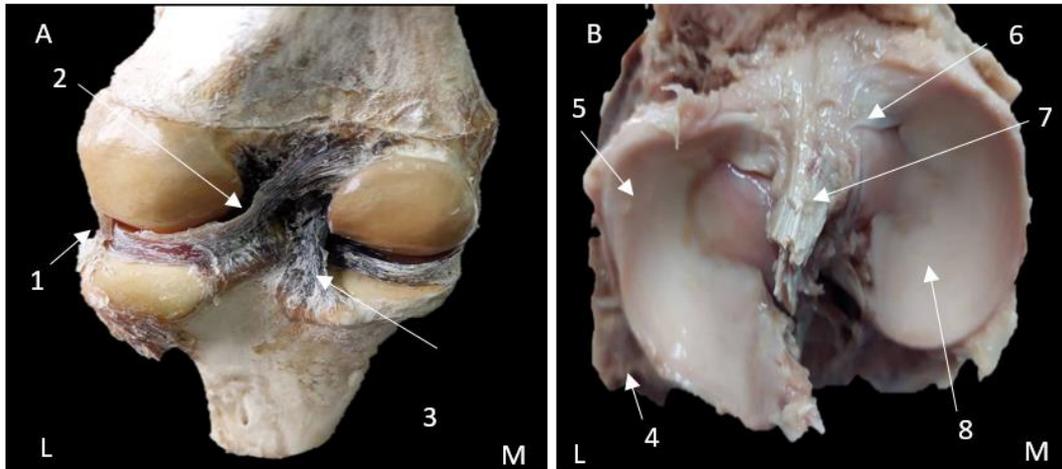


Figura 2. (A) Vista caudal de la rodilla, (B) vista proximal de la epífisis proximal de la tibia. Se puede observar: (1) Ligamento colateral lateral, (2) ligamento menisco femoral lateral, (3) Ligamento cruzado caudal, (4) ligamento menisco tibial, (5) menisco lateral, (6) ligamento intermeniscal craneal, (7) ligamento cruzado craneal, (8) menisco medial.

Fuente: Unidad de anatomía veterinaria, USS, sede de la Patagonia, Puerto Montt, Chile. (L) lateral. (M) medial.

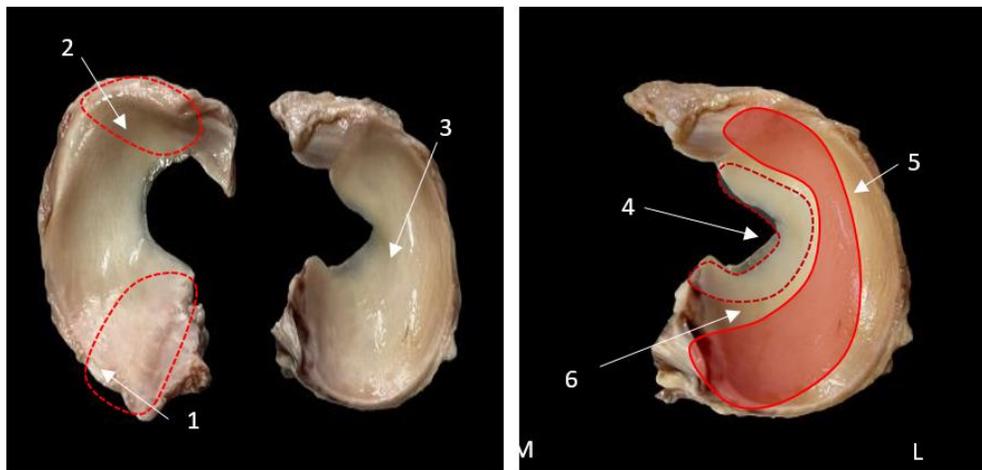


Figura 3. Vista proximal del menisco medial y lateral. Se puede observar. (1) cuerno caudal del menisco lateral, (2) cuerno craneal del menisco lateral, (3) cuerpo del menisco medial, (4) zona avascular del menisco medial, (5) zona vascular del menisco lateral, (6) zona mixta del menisco medial.

Fuente: Unidad de anatomía veterinaria, USS, sede de la Patagonia, Puerto Montt, Chile.

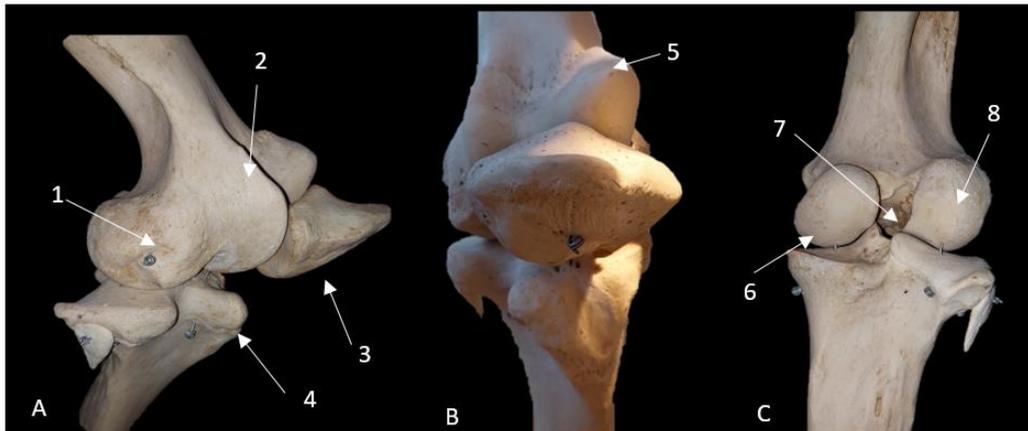


Figura 4. (a) vista lateral, (b) vista craneal, (c) vista caudal de los segmentos óseos que participan en la formación de la articulación femoro tibio patelar. Se puede observar: (1) Epicóndilo lateral, (2) cresta troclear lateral, (3) patela, (4) tuberosidad tibial, (5) tubérculo troclear, (6) cóndilo medial, (7) fosa intercondilar, (8) cóndilo lateral.

Fuente: Unidad de anatomía veterinaria, USS, sede de la Patagonia, Puerto Montt, Chile.

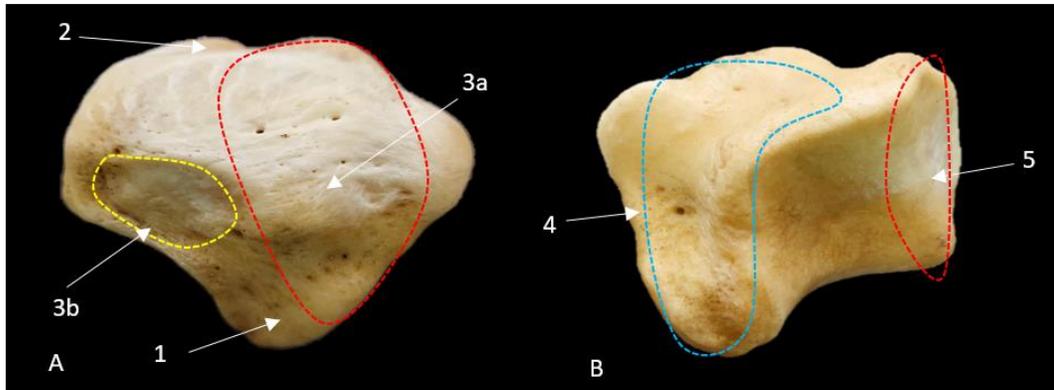


Figura 5. (a) Vista craneal, (b) caudal de la patela. Se puede observar: (1) vértice patelar, (2) base patelar, (3a) Cara craneal patelar, (3b) área de origen del ligamento patelar medial, (4) cara articular caudal lateral, (5) cara articular patelar medial.

Fuente: Unidad de anatomía veterinaria, USS, sede de la Patagonia, Puerto Montt, Chile.



Figura 6. Vista proximal de la patela. Se puede observar: (1) Fibrocartílago patelar, (2) Fosa troclear.

Fuente: Unidad de anatomía veterinaria, USS, sede de la Patagonia, Puerto Montt, Chile.

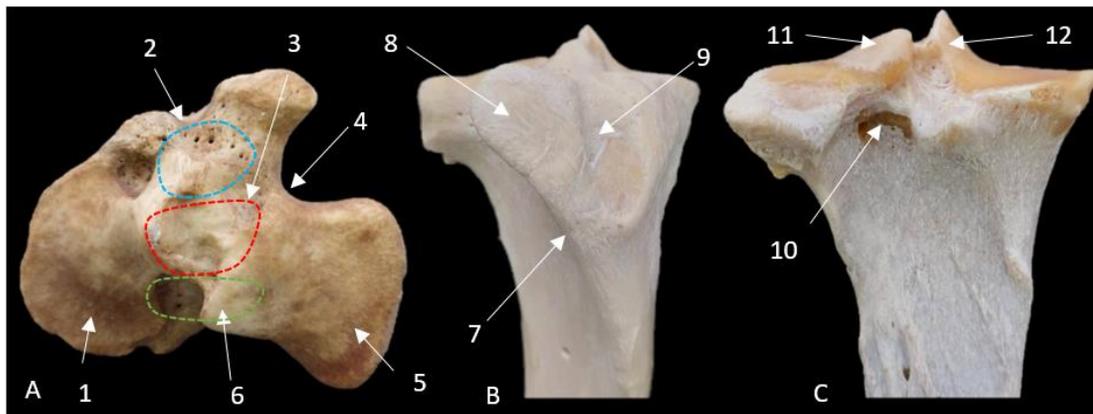


Figura 7. (a) Vista proximal, (b) Vista craneal, (c) Vista caudal de la epífisis proximal de la tibia. Se puede observar: (1) Cóndilo medial, (2) área intercondilar craneal, (3) área intercondilar media, (4) surco extensor, (5) cóndilo lateral, (6) área intercondilar caudal, (7) cresta tibial, (8) tuberosidad tibial, (9) surco de la tuberosidad tibial, (10) incisura poplíteaa, (11) eminencia intercondilar lateral, (12) eminencia intercondilar medial.

Fuente: Unidad de anatomía veterinaria, USS, sede de la Patagonia, Puerto Montt, Chile.

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los diferentes grados de flexión y extensión que se lograron medir por medio de goniometría de las diferentes rodillas antes de su disección y conservación, con la finalidad de vitar restricción en su movilidad.

Tabla 1. Grados de flexión y extensión presentes en las rodillas de equinos.

Muestras	Grado de flexión	Grado de extensión
1	82°	129°
2	80°	127°
3	80°	130°
4	79°	129°
5	83°	131°
6	82°	127°
7	79°	128°
8	81°	129°
Promedio	80°	128°

Fuente: elaboración propia.

En la [Tabla 2](#) se presentan las diferencias anatómicas macroscópicas observadas en las estructuras óseas que forman parte de la articulación femoro tibio patelar.

Tabla 2. Diferenciaciones anatómicas a nivel de los segmentos óseos que forman parte de la articulación femoro patelar.

SO	N°	Hallazgos
EDF	10	-El 30% de las muestras presentaron un cóndilo lateral más redondeado que el cóndilo medial. -El 80% de las muestras presentaron un área de impresión del ligamento menisco femoral muy marcada de forma cuadrada.
P	10	-El 20% de las muestras presentaron un vértice patelar más aguzado. -En el 70% de las muestras se presenta un área de origen del ligamento patelar medial muy bien delimitado.
EPT	10	-El 20% de muestras presentaron un surco de tuberosidad tibial muy profundo. -El 60% de muestras presentaron una incisura poplítea muy extensa.

Fuente: elaboración propia. SO (segmento óseo), N° (número de muestras), EPF (Epífisis proximal del fémur), P (Patela), EPT (Epífisis proximal de la tibia).

Con respecto a las diferenciaciones anatómicas presentes en estructuras ligamentosas, cartilaginosa y sinoviales a nivel extracapsular e intracapsular se presenta en la [Tabla 3](#).

Tabla 3. Diferenciaciones a anatómicas a nivel de cápsula articular, bursa sinovial, ligamentos extra e intracapsulares y meniscos que participan en la morfología de la articulación femoro tibio patelar.

SA	N°	Hallazgos
Cápsula articular	8	-El 20% de las muestras presentaron una porción fibrosa muchos más gruesa a nivel craneal que caudal.
Bursas femoro patelares	16	-Solo el 10% de las muestras presentaron un punto de comunicación muy poco distinguible en ellas. -El 90% de la bursa sinovial lateral presentó puntos de contacto con el origen del músculo poplíteo, extensor digital largo y fibular tercero.
Ligamentos femoro patelares	16	-El ligamento femoropatelar medial en un 80% de las muestras se presentó más grueso y diferenciado por una doble banda.
Ligamentos patelares (Medial, intermedio, lateral)	24	-Con respecto al ligamento patelar medial el 80% de las muestras presentaron una mayor amplitud a nivel de su origen en la patela. -El ligamento patelar intermedio presentó un 60% de inserción a nivel de surco de la tuberosidad tibial.
Ligamento colateral lateral y medial	16	-El ligamento colateral lateral en el 90% de las muestras se presentó mucho más grueso y firme en cercanía a la cabeza fibular.
Ligamento cruzado craneal y caudal	16	-Solo el 10% de las muestras presentaron punto de inserción del ligamento cruzado craneal a nivel del área intercondilar craneal y media.
Ligamento menisco tibial craneal y caudal	16	-Ambos ligamentos en el 90% de las muestras presentaron una porción craneal y caudal, insertándose craneal y caudalmente a la eminencia intercondilar medial.
Menisco medial y lateral	16	-El borde periférico del menisco medial en el 80% de las muestras se fusiona con la cápsula articular de la rodilla y está unido a la tibia por el ligamento coronario (menisco tibial).

Fuente: elaboración propia. SA (segmento anatómico), N°: (número de muestras).

Discusión

Las diferentes estructuras anatómicas a nivel óseo, capsular, cartilaginosa y ligamentosa coinciden con descripciones presentes a nivel de la literatura, con algunas variaciones de intereses anatómico. Al igual que ^(2, 4, 6) la articulación de la rodilla se puede dividir en femoro patelar, femoro tibial y su conjunto como femoro tibio patelar.

En las muestras de estudio en un 30% de ellas fue posible distinguir un cóndilo femoral lateral mucho más redondeado a diferencia del medial. Lo cual se diferencia en estudio realizados por ^(5, 8), donde la morfología condilar femoral lateral dispone de una forma aplanada, según el punto de contacto del cóndilo lateral tibial.

En el caso del área de impresión del ligamento menisco femoral, se destacó por ser muy profunda y de forma triangular similar a descripciones de ^(4, 5), con la diferencia de no especificar los autores la forma mencionada anteriormente.

La patela como unos de los principales huesos sesamoideos de la rodilla, en esta especie presentan características morfológicas similares a lo planteados por ^(3, 8, 9), solo evidenciando una leve variación en las muestras de estudio a nivel de vértice patelar de una forma más aguzada.

El hallazgo de interés presente a nivel de este hueso se concentra en la presencia de un área de origen del ligamento plear medial el cual es muy bien delimitado.

Con respecto a la epífisis proximal de la tibial al igual que descripciones de ^(4, 5), la tuberosidad tibial de esta especie destaca por la presencia de un surco de la tuberosidad tibial, solo observándose un surco de gran profundidad en el 20% de las muestras.

El 60% de muestras presentaron una incisura poplítea muy extensa, similar a descripciones de estas estructuras por autores como ^(4, 5, 8, 9).

Con respecto a la cápsula articular el 80% de las muestras presentaron características similares a lo planteado ⁽⁵⁾, solo observándose una variación de esta característica en el 20% de estas.

Al igual que ^(2, 5, 8), la rodilla se compone de una cápsula articular femoro-tibial, formada por tres sacos, dos entre los cóndilos femoral y tibial (sacos articulares femorotibiales) y un tercero, que es profundo a la patela (saco articular femoro-patelar). Solo el 10% de las muestras presentaron un punto de comunicación muy poco distinguible en ellas y el 90% de la bursa sinovial lateral presentó puntos de contacto con el origen del músculo poplíteo, extensor digital largo y fibular tercero.

A nivel de ligamentos extracapsular. El ligamento femoropatelar medial en un 80% de las muestras se presentó más grueso y diferenciado por una doble banda. El ligamento patelar medial presento una mayor extensión y el ligamento patelar intermedio presento una inserción en un 60% de las muestras de estudio a nivel del surco de la tuberosidad tibial.

A nivel de los ligamentos intracapsulares, el ligamento cruzado craneal solo presento una variación en su inserción en el 10% de las muestras, situándose a nivel del área intercondílea craneal y media. Mientras que el ligamento cruzado caudal no presento diferenciaciones.

Los puntos de conexión de los ligamentos Inter meniscales presentaron una porción craneal y caudal, insertándose craneal y caudalmente a la eminencia intercondilar medial en el 90% de las muestras.

Respecto a los meniscos el borde periférico del menisco medial en el 80% de las muestras se fusiona con la cápsula articular de la rodilla y está unido a la tibia por el ligamento coronario (menisco tibial).

En relación con la capacidad de movilidad de esta articulación, el promedio de flexión forzada de 80° y la extensión fue 128°, estas medidas considerando que fueron en miembros asilados se acercan al estudio realizado por ⁽⁴⁾ donde indican que la rodilla del equino puede presentar una extensión de 131,3° y flexión 85°. Al igual ⁽¹⁷⁾ los movimientos de Flexión de la rodilla se limitaban por contacto de la pierna con el muslo y la extensión por la tensión de la ligamentos cruzados y colaterales. Se debe tener presente que como corresponden a muestras biológicas conservadas, los rangos de movilidad se pueden ver reducidas o adaptadas por los cambios biológicos de conservación de los cadáveres. Además de no correlacionar estos ROM (rango óptimo de movimientos) con animales vivos a pesar de tener una aproximación.

Conclusiones

La rodilla es una articulación compuesta del subtipo condilar con amplios movimientos de flexo – extensión y latero-medial limitados, con una gran cápsula articular. Las estructuras óseas que participan en su conformación son la epífisis distal del fémur, la cual destaca por la presencia de dos cóndilos femorales de gran tamaño, dispuestos por medial y lateralmente, los cuales toman contacto distalmente con las caras proximales de los cóndilos medial y lateral de la epífisis proximal de la tibia. A nivel de la epífisis distal del fémur, en su orientación craneal se presenta una troclear la cual toma contacto cranealmente con un gran hueso sesamoideo, correspondiendo a la “patela” el cual también participa de este conjunto articular.

Su conformación anatómica no solo consta de la unión de estructuras óseas, también es posible observar la presencia de estructuras cartilaginosas, ligamentosas, vasculares y musculares que permiten otorgar una funcionalidad específica en su capacidad extensora, flexora y leve rotación. Las articulaciones que la conforman según los puntos de contactos de las estructuras óseas corresponden a la femorotibial, femoropatelar y el conjunto de todo a la femorotibio patelar.

Anatómicamente es posible distinguir interacciones de diferentes tipos de tejidos, permitiendo identificar dos meniscos, doce ligamentos y numerosas estructuras de soporte músculo tendinoso.

A nivel biomecánico el equino destaca por disponer de una distribución de carga especial a nivel de la rodilla, mecanismo que lo logra por medio de su sistema reciproco patelar, permitiendo concentrar gran parte de la carga de su peso en la rodilla activada por este mecanismo, compensando la distribución del peso al miembro pélvico libre.

De esta manera a través del presente estudio se buscó describir en detalle si existen diferenciaciones morfológicas a nivel de los elementos que participan en la conformación de la rodilla de esta especie y que tengan una relación directa con la capacidad funcional y biomecánica de ella.

Referencias

1. Aspinall, Victoria; Cappello, Melanie; Bowden, Sally J. (2009). Introduction to Veterinary Anatomy and Physiology E-Book. London: Butterworth-Heinemann.
2. Saldivia Paredes, Manuel. (2018). Descripción morfológica y biomecánica de la articulación de la rodilla del canino (*Canis lupus familiaris*). CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 13 (3): 294-307. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.3.1>
3. Barone, R. Anatomía comparada de los mamíferos domésticos. 1ª ed. Montevideo: hemisferio sur; 1987.
4. Sisson S, Grossman J. Anatomía de los animales domésticos. 5ª ed. Barcelona: Masson; 1999.
5. Köning H, Liebich H. Anatomía de los animales domésticos. 7th ed. Madrid: Médica Panamericana; 2020.
6. Concha AI. Anatomía del perro. Santiago: Universidad Santo Tomás; 2012.
7. Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. Anatomía veterinaria. 4ª ed. Ciudad de México: Manual Moderno; 2012
8. Budras KD, Sack WO, Röck S. Anatomy of the horse. Hannover: Schlütersche; 2009.
9. Frandson R, Spurgeon L. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. 5ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 1995.
10. Evans HE, de La Hunta A. Disección del perro. 5ª ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana; 2002.
11. C.F. Cox, M.A. Sinkler, J.B. Hubbard Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb Knee Patella, StatPearls, Treasure Island (FL) (2020).
12. Done SH, Goody PC, Evans SA, Stickland NC. Atlas en color de anatomía veterinaria. El perro y el gato. 2ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010.

13. Shively M. Anatomía veterinaria básica, comparada y clínica. Ciudad de México: El Manual Moderno; 1993.
14. Smith BJ. Canine Anatomy. Virginia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
15. Adams and Stashak's Lameness in Horses, Seventh Edition. Edited by Gary M. Baxter. © 2020 John Wiley & Sons, Inc. Published 2020 by John Wiley & Sons, Inc.
16. Cuevas-Ramos G, Cova M, Arguelles D, Prades M. Anatomical variations of the equine popliteal tendon. *J Vet Sci.* 2019 Jul; 20 (4): e36. doi: 10.4142/jvs.2019.20.e36. PMID: 31364321; PMCID: PMC6669204.
17. Mow VC, Ratcliffe A, Chern KY, et al: Structure and Function Relationships of the Menisci of the Knee, in Mow VC, Arnoczky SP, Jackson DW (eds): *Knee Meniscus Basic and Clinical Foundations*. New York, NY, Raven Press, 1992, pp 37,57
18. Emery L, Miller J, Van Hoosen N. *Horseshoeing Theory and Foot Care*. Lea and Febiger, Philadelphia, 1977.
19. Voight M. *Músculos skeletal interventions techniques for therapeutic exercise*. New York: McGraw Hill; 2007
20. Arthroscopy of the stifle. In: McIlwright CW, Wright I, Nixon A, Boening KJ (eds). *Diagnostic and Surgical Arthroscopy in the Horse*. 3rd ed. p. 178. Mosby Ltd., New York, 2005.
21. Jerram RM, Walker AM. Cranial cruciate ligament injury in the dog: pathophysiology, diagnosis and treatment. *N Z Vet J.* 2003 Aug; 51 (4): 149-58. doi: 10.1080/00480169.2003.36357. PMID: 16032317.
22. Espregueira-Mendes, da Silva MV. Anatomy of the lateral collateral ligament: a cadaver and histological study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Mar;14 (3): 221-8. doi: 10.1007/s00167-005-0681-2. Epub 2005 Oct 12. PMID: 16220313.
23. M. Biscevic, M. Hebibovic, D. Smrke. Variations of femoral condyle shape *Coll. Antropol.*, 29 (2005): 409-414.
24. Comerford EJ, Tarlton JF, Avery NC, Bailey AJ, Innes JF. Distal femoral intercondylar notch dimensions and their relationship to composition and metabolism of the canine anterior cruciate ligament. *Osteoarthritis Cartilage.* 2006 Mar; 14 (3): 273-8. doi: 10.1016/j.joca.2005.09.001. Epub 2005 Oct 20. PMID: 16242971.

25. G.A. Ateshian, L.J. Soslowky, V.C. Mow. Quantitation of articular surface topography and cartilage thickness in knee joints using stereophotogrammetry. *J. Biomech.*, 24 (1991): 761-7
26. Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. *Anatomía veterinaria*. 4.ª ed. Ciudad de México: Manual Moderno; 2012.
27. Fox AJ, Wanivenhaus F, Burge AJ, Warren RF, Rodeo SA. The human meniscus: a review of anatomy, function, injury, and advances in treatment. *Clin Anat.* 2015 Mar; 28 (2): 269-87. doi: 10.1002/ca.22456. Epub 2014 Aug 14. PMID: 25125315.
28. Johnson A, D Hulse. 2002. Part IV Orthopedics: Diseases of the Joints. In: Welch T(Ed). *Small Animal Surgery*. Second Edition, Pp 1023-1157.
29. Voight M. *Músculos skeletal interventions techniques for therapeutic exercise*. New York: McGraw Hill; 2007.
30. Magge D. *Othopedic physical assessment*. 4 ed. Philadelphia: Saunders,2006.
31. Messner K. The menisci of the knee joint. Anatomical and functional characteristics, and a rationale for clinical treatment *Sports Medicine*, Faculty of Health Sciences, LinkoXping University, Sweden; 1998.
32. Escobar A, Tadich T. Caracterización biocinemática, al paso guiado a la mano, del caballo fino chilote. *Arch. med. vet.* [online].2006, 38 (1): 53-61. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2006000100008. ISSN 0301-732X. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2006000100008>.
33. Schuurman SO, Kersten W, Weijs WA. The equine hind limb is actively stabilized during standing. *J Anat.* 2003 Apr; 202 (4): 355-62. doi: 10.1046/j.1469-7580.2003.00166.x. PMID: 12739613; PMCID: PMC1571089.
34. Jiménez R, Isaza O. Plastinación, una técnica moderna al servicio de la anatomía. *Iatreia*. 2005; (18): 99-106.
35. Gómez, César Alfonso Muñetón and José Alejandro Ortiz. "Preparación en glicerina: una técnica para la conservación prolongada de cuerpos en anatomía veterinaria." *Revue De Medecine Veterinaire*; 1 (2013): 115-122.
36. World Association of Veterinary Anatomists, World Association of Veterinary Anatomists. *Nomina Anatómica Veterinaria*. 2017.