

Avance de tuberosidad tibial con heteroimplante óseo para el tratamiento de ruptura de ligamento cruzado anterior en caninos

D. M. Pérez¹, M. M. Martínez², J. A. Cardona³*

Artículo recibido: 10 de febrero de 2020 - Aprobado: 17 de octubre de 2020

RESUMEN

Las evaluaciones clínica y radiológica son técnicas que se emplean para el diagnóstico de ruptura de ligamento cruzado anterior (RLCA) y para la evaluación posoperatoria de cirugías correctivas. Se planteó como objetivo describir los resultados posoperatorios de la técnica avance de tuberosidad tibial en caninos con RLCA utilizando hueso de origen bovino conservado en glicerina al 98%. Fueron intervenidos 5 caninos con la patología y sin cambios radiológicos marcados en las columnas óseas relacionadas. El heteroimplante óseo se cortó a manera de cuña y, para determinar su tamaño, se tuvo en cuenta la medida prequirúrgica que necesitaba la rodilla para alcanzar el ángulo de avance de la cresta tibial. Seguidamente se fijó al receptor local con implantes metálicos (agujas de Kirschner y alambre ortopédico). En el posoperatorio, se evaluaron por 90 días signos clínicos como claudicación, dolor al movimiento flexión-extensión e inflamación, según la circunferencia de la rodilla, y se evaluó por 120 días el ángulo de avance tibial y la radiopacidad del heteroimplante con respecto al hueso circunvecino (tuberosidad tibial y tibia caudal). El estudio estableció que los parámetros clínicos y radiológicos tienen un efecto estadísticamente significativo; sin embargo, la evaluación del ángulo de avance tibial no tiene un efecto significativo entre el paciente y los días posquirúrgicos. Durante el periodo de evaluación el heteroimplante óseo bovino demostró ser efectivo para estabilizar una rodilla con RLCA en caninos.

Palabras clave: glicerina 98%, óseo, tibia, ligamento.

Advance of tibial tuberosity with bone heteroimplant for previous crossed ligament in canine

ABSTRACT

The clinical and radiological evaluations are techniques used for the diagnosis of the anterior cruciate ligament rupture (LCAR) and the post-operative assessment of corrective surgeries. It was proposed as an objective to describe the post-operative results

¹ Médica veterinaria zootecnista, M. Sc. Docente catedrática de la Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Montería, Colombia. Miembro del grupo de investigación Mecivet. *dianaperezb@correo.unicordoba.edu.co.

² Médico veterinario zootecnista, M. Sc. Docente de tiempo completo de la Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Montería, Colombia. Miembro del grupo de investigación Mecivet.

³ Médico veterinario zootecnista, Ph. D. Docente de tiempo completo de la Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Montería, Colombia. Miembro del grupo de investigación Mega.

of the advance technique of tibial tuberosity in canines with LCAR using bovine bone conserved in 98% glycerin. Five canines were intervened and with no other radiological changed in the related bone columns. The bone heteroimplant was cut in a wedge-like manner and for its size it was taken into account the pre-operative measurement that the knee needed to reach the advancement angle of the tibial crest. Next, the bone implant was fixated to the local receptor with metallic implants (Kirschner needles and orthopedic wire). In the post-op, the canines were evaluated for 90 days for clinical signs such as claudication, pain when flexing and extending and inflammation according to the knee circumference, and for 120 days the advancement angle of the tibia and the radiopacity of the heteroimplant in relation to the surrounding bone. The trial established that the clinical and radiological parameters have a statistically significant effect; however, the evaluation of the tibial advancement angle does not have a significant effect between the patient and the post-operative days. During the evaluation period, the heteroimplant bovine bone proved to be effective to stabilize the knee in canines with LCAR.

Keywords: 98% glycerin, bone, tibia, ligament.

INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) es el principal ligamento estabilizador de la rodilla, su función es limitar el desplazamiento craneal de la tibia con respecto al fémur, la rotación interna de la tibia e hiperextensión de la rodilla, por lo que una hiperextensión o rotación excesiva de la rodilla puede conducir a la ruptura de este (Musté 2013).

En la fase diagnóstica de la ruptura de ligamento cruzado anterior (RLCA), se hace principal énfasis en la evaluación de la estabilidad de la rodilla según el funcionamiento total o parcial del LCA mediante inspección, palpación y maniobras que evalúan la estabilidad articular. Adicionales a este procedimiento, existen ayudas diagnósticas, como la radiología, que permiten identificar las causas de claudicación, excluir lesiones óseas o anomalías de tejidos blandos y realizar la planeación quirúrgica según el método que sugiera el cirujano (Bruin *et al.* 2007; Harasen 2002; Verez *et al.* 2016).

El tratamiento para RLCA puede ser médico o quirúrgico. El tratamiento

médico se puede intentar en los animales de raza pequeña (menores a 10 kg), mediante restricción de la actividad, disminución del peso y administración de analgésicos (Bruin *et al.* 2007; Harasen 2002; Musté 2013; Verez *et al.* 2016), y el tratamiento quirúrgico es recomendable en todo paciente con RLCA, para lo que se han descrito técnicas modificadoras de la biomecánica articular como es el avance de la tuberosidad tibial (TTA).

La TTA propone alterar la dirección de la fuerza del tendón rotuliano y lograr que el ángulo sea inferior o igual a 90°. La técnica busca modificar la geometría proximal de la tibia, neutralizando las fuerzas de empuje craneal que causan lesión por cizallamiento y la rodilla adquiere una dinámica estable para compensar la deficiencia del LCA (Boudrieau 2009; Kim *et al.* 2009; Montavon *et al.* 2002; Nisell 1985; Tepic *et al.* 2002). Existen diferentes variables de la TTA; sin embargo, todas mantienen el mismo principio biomecánico; aun así, sus resultados varían según el tipo de implante utilizado (biológico o metálico).

Debido a la aparición de fallas en los implantes metálicos, como destrucción ósea alrededor de ellos, y a las infecciones por mala esterilización que pueden retrasar los procesos biológicos de cicatrización y la recuperación mecánica del miembro, se ha planteado el uso de heteroimplantes óseos, que conlleva a retrasar los cambios osteoarticulares propios de la lesión. Los heteroimplantes óseos procedentes de huesos bovinos procesados (desproteínizado y desantigenizado) se han utilizado experimental y clínicamente demostrando su capacidad osteoinductora (hueso esponjoso) y de resistencia biomecánica (hueso cortical). Estos, además, presentan una ventaja económica (Bojrab 1996; Bojrab y Monnet 2011; Zunino *et al.* 2004).

Para la conservación de tejidos, se han utilizado diferentes medios entre los que se encuentra la glicerina al 98%, que posee la capacidad de deshidratar el tejido sin alterar la concentración iónica de las células y que, por mantener la estructura, facilita el crecimiento de células constitutivas con resultados clínicos satisfactorios (Brun *et al.* 2004; Giovani *et al.* 2006; López *et al.* 2007; Martínez 2012; Padilha *et al.* 2008; Pérez *et al.* 2014).

El objetivo de este estudio es describir los resultados clínicos y radiológicos posoperatorios de la técnica quirúrgica para avanzar la tuberosidad tibial en caninos con RLCA utilizando hueso de origen bovino conservado en glicerina al 98%.

MATERIALES Y MÉTODO

Localización

El estudio fue desarrollado en la Clínica Veterinaria Julio E. Cuervo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba, Colombia.

Aspectos éticos

La metodología de este trabajo utilizando animales para experimentación fue sometida a evaluación del Comité de Ética de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba, según el Acta N.º 001 del 14 de junio de 2017. Para este estudio se tuvieron en cuenta las normas técnicas para el uso de animales para experimentación, enmarcadas en el cumplimiento de la “Declaración Universal de los Derechos de los Animales”, de las “Normas Internacionales para la Investigación Biomédica con Animales” establecidas por la ONU, la Ley 84 de octubre de 1989 del Ministerio de Salud de Colombia y la Ley 1774 del 6 de enero de 2016 del Código Penal de la República de Colombia.

Muestras

Se estudiaron 5 caninos con RLCA, con peso entre los 20-30 kg, sin modificación marcada a la evaluación radiológica de la articulación de la rodilla y sus columnas (tibia-fémur). No se consideró la edad, raza, sexo, procedencia de los animales ni tiempo de presentación de la patología. Los animales seleccionados fueron alojados en jaulas individuales y desparasitados con albendazol (25 mg/kg vía oral) 30 días previos a las cirugías y recibieron ración comercial 2 veces al día y agua a voluntad.

Procedimiento para la formación del banco de hueso

Se obtuvieron costillas de bovinos sacrificados en plantas de beneficio, donde la asepsia del tejido estuvo supeditada al manejo y normas por las que se rigen estas plantas. No se consideraron los datos generales del donante. Las costillas fueron inmersas en peróxido de hidrógeno al 50% por 18 horas para obtener los

componentes inorgánicos del implante (Dasso *et al.* 1998; Martínez *et al.* 2009). El material inorgánico (costillas verdaderas) se conservó en frascos de plástico estériles con glicerina al 98% por 38 meses a temperatura ambiente (Martínez *et al.* 2012; Pérez *et al.* 2014).

Análisis de datos

La información recolectada durante el tiempo de experimentación se tabuló en hoja de cálculo Excel® y se analizó como un estudio de tipo experimental-inferencial. Los resultados del experimento se obtuvieron utilizando el *software* Statgraphics de la Universidad de Córdoba, Colombia. Para diseñar el experimento se plantearon los factores a estudiar: un factor A (intensidad de grados de dolor, claudicación, radiopacidad y circunferencia articular) y un factor B (90 días posteriores

a la cirugía del animal distribuidos a intervalos de 5 días) con sus respectivos niveles de operación. Se realizó tabla Anova con la prueba LSD Fisher al 95% de nivel de confianza ($p < 0,05$), que permitió determinar los factores con efecto estadísticamente significativo sobre la intensidad del grado. La validación del modelo se realizó a través de la prueba analítica de normalidad.

Evaluación clínica prequirúrgica

Claudicación en la marcha: se evaluó el grado de claudicación según la escala de valoración que se muestra en la tabla 1.

Dolor al movimiento flexión-extensión de la articulación de la rodilla: se describió la intensidad del dolor según la escala de valoración que se muestra en la tabla 2.

TABLA 1. Clasificación de los grados de claudicación

Grado	Características de la claudicación
Grado 0	No presenta claudicación.
Grado I	El apoyo es constante en estática y existe apoyo ligero en dinámica.
Grado II	El apoyo solo se observa en estática.
Grado III	El miembro afectado tan solo toca el piso para lograr el equilibrio del paciente en estática y no es apoyado en dinámica.
Grado IV	El miembro afectado se mantiene en el aire en todo momento. El paciente prefiere desequilibrarse antes que apoyarlo.

Fuente: Ramírez *et al.* (1997). Unidad técnica.

TABLA 2. Clasificación del grado de dolor al movimiento flexión-extensión de la articulación de la rodilla

Grado	Características del dolor
Grado 0	Ausencia de dolor. El animal no reacciona al movimiento flexión-extensión de la articulación de la rodilla.
Grado I	Los animales manifiestan dolor caracterizado por la presencia de algunos signos como vocalización, dilatación pupilar y aumento de los movimientos respiratorios sin retracción rápida del miembro al movimiento flexión-extensión de la articulación de la rodilla.
Grado II	Los animales presentan las manifestaciones grado I, retraen rápidamente la extremidad cuando se realizan los movimientos de flexión-extensión de la articulación de la rodilla e incluso pueden reaccionar agresivamente.

Fuente: elaboración propia.

Evaluación radiológica diagnóstica: se realizó proyección mediolateral de la rodilla a 90° de flexión en todos los animales durante la evaluación inicial para el diagnóstico radiográfico de RLCA. El criterio de inclusión fue la existencia del desplazamiento craneal de la tibia proximal con relación al fémur distal y la ausencia de modificación marcada a la evaluación radiológica de las columnas óseas (figura 1). La técnica radiográfica fue estandarizada (50 Kv, 2,20 mAs, 0,04 s).



FIGURA 1. Desplazamiento craneal de la tibia proximal con relación al fémur distal (signo de cajón) sin distorsión de la grasa infrapatelar. La línea amarilla trazada desde la cabeza de la fíbula normalmente debe pasar craneal a las fabelas y en este caso lo hace craneal a la patela
Fuente: elaboración propia.

Estandarización para el corte de la tuberosidad tibial: se siguió la fórmula propuesta por Nakamura *et al.* (1985) y Fariña *et al.* (2011), en la que el corte de la tuberosidad tibial corresponde a 1/3 de

la longitud tibial y a 1/3 de su ancho. Para su planeación se tomaron proyecciones mediolateral de la tibia en extensión del miembro afectado en todos los animales. Para cada una de las medidas y ángulos tomados se utilizó el programa QuantorSv Ltda. 2010 (figura 2).

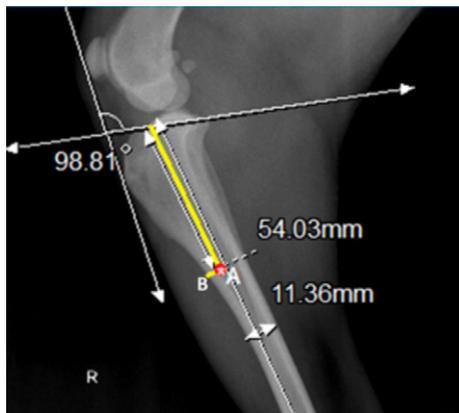


FIGURA 2. Diagrama de la línea de corte (línea amarilla). A. Punto de intersección de medidas. A-B. Ancho del corte, tercio anterior del diámetro diafisario tibial
Fuente: elaboración propia.

Estandarización del heteroimplante óseo (cuña) y medida de avance de tuberosidad tibial: para hallar el tamaño del heteroimplante óseo (longitud y ancho de la cuña) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Espesor de Cuña} =$$

$$\frac{1}{3} \text{ longitud tibial} \times \sin \theta \text{ (ángulo faltante)}$$

Para lo anterior se necesita conocer el valor del ángulo de desplazamiento de tuberosidad tibial, que se forma de 2 líneas perpendiculares que se interceptan entre sí; la primera, formada por 2 puntos ubicados craneal a la rótula y craneal a la tuberosidad tibial; la segunda, orientada sobre la meseta tibial por una línea que

pasa por los puntos de inserción de ambos ligamentos cruzados dejando la eminencia intercondílea como punto central.

Ejemplo: paciente con ruptura de ligamento cruzado anterior con longitud tibial de 199,90 mm, longitud de corte de 66,63 mm (1/3 de longitud tibial) y ángulo de desplazamiento prequirúrgico de 97,67° (ángulo restante a 90° de 7,67°) (figura 3A).

Espesor de Cuña =

$$66,63 \text{ mm} \times \sin 7,67 = 8,89 \text{ mm}$$

Tamaño de cuña a implantar 8,89 mm. Con esto se logra un ángulo aproximado de 90° entre el plato tibial y el tendón

rotuliano para obtener estabilidad articular (figura 3B).

Ubicación de la cuña ósea: para su implantación, los autores recomiendan dividir el área osteotomizada en 3 partes iguales, en las que el trazado proximal corresponde a la superficie articular tibial y el trazado distal corresponde al sitio final del corte de la tuberosidad. El sitio de implantación recomendado es el segundo tercio como se ve en la figura 4.

Procedimiento quirúrgico

Preoperatorio

Los animales fueron mantenidos en ayuno hídrico de 6 h y sólido de 24 h; se les

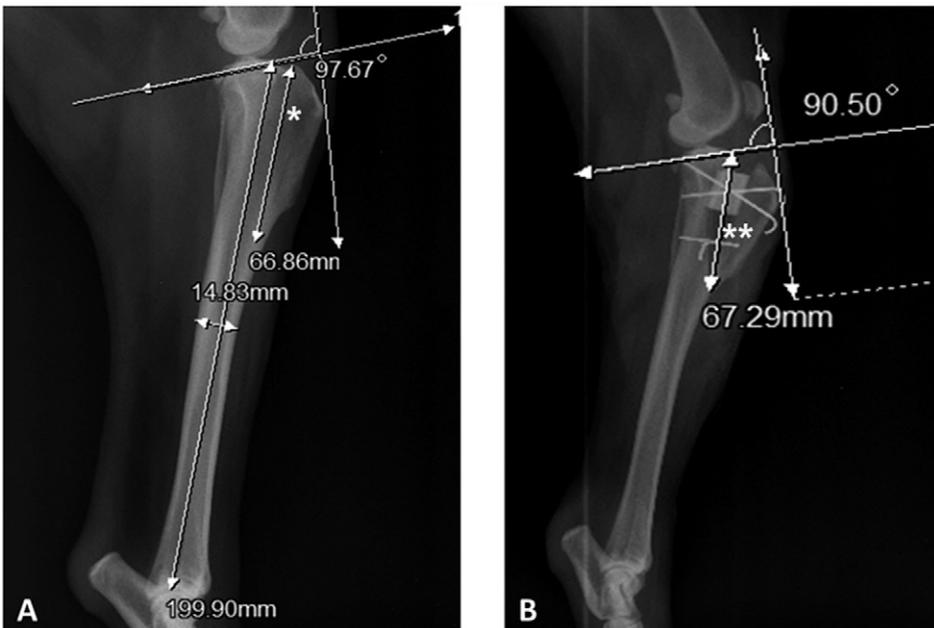


FIGURA 3. A. Angulación articular, *medida del corte de tuberosidad tibial. B. Angulación posquirúrgica de 90°, **corte posquirúrgico de tuberosidad tibial

Fuente: elaboración propia.

aplicó 4 mg/kg de gentamicina por vía intramuscular 45 min previos a la inducción anestésica y dosis única de morfina 0,2-0,4 mg/kg por vía intramuscular/animal como antibioticoterapia y analgésico, respectivamente.



FIGURA 4. Área de implantación recomendada. A. Tercio proximal: línea inicial desde la superficie articular. B. Tercio medio: sitio de implantación ideal. C. Tercio distal: línea final hasta el corte de cresta. Fuente: elaboración propia.

Preanestesia y anestesia

Fueron sedados con acepromacina a dosis de 0,2 mg/kg/IM e inducidos con tiletamina/zolazepam a la dosis de 15-20 mg/kg/IV. El mantenimiento anestésico se consiguió con isofluorano. La preparación del campo operatorio fue hecha de manera rutinaria (Flecknell 1998).

Descripción de la técnica

La TTA ha sido descrita por varios autores, quienes emplearon diferentes medidas y relaciones anatómicas para los cortes y para las medidas de los dispositivos (Boudrieau 2009; Fariña *et al.* 2001; Kim *et al.* 2009; López 2012; Montavon *et al.* 2002; Nisell 1985; Tepic *et al.* 2002). Estas descripciones sirvieron de referencia para la propuesta registrada a continuación:

Se posiciona al paciente en decúbito lateral con la extremidad afectada hacia la mesa de cirugía, se realiza incisión cutánea pararrotiliana medial desde el tercio distal del fémur hasta la diáfisis proximal de la tibia. El subcutis y la fascia crural se

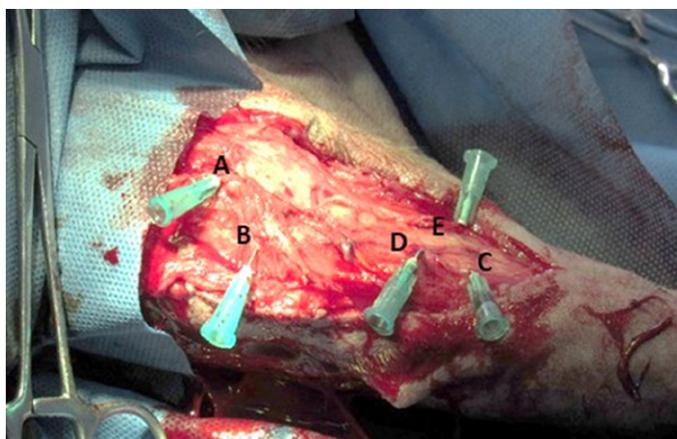


FIGURA 5. Identificación de puntos de referencia. A. Superficie articular de la tibia proximal. B. Punto más craneal de la tuberosidad tibial. C. Punto de finalización de la cresta tibial. D-E. Superficies craneal y caudal de la diáfisis tibial

Fuente: elaboración propia.

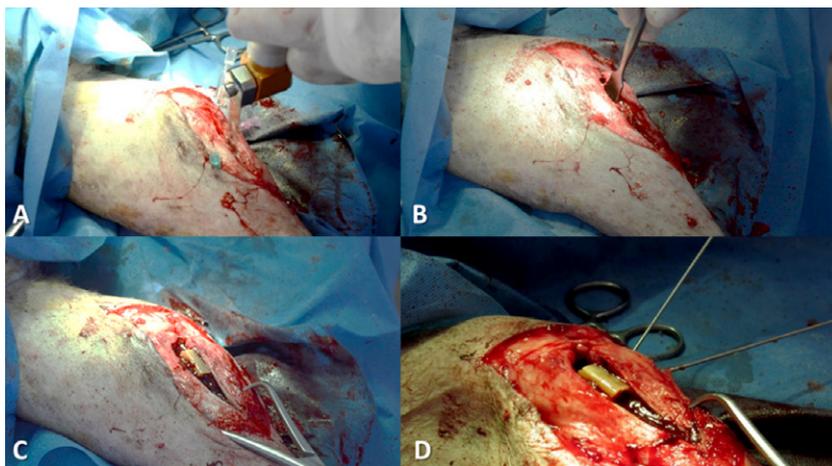


FIGURA 6. A. Osteotomía con sierra oscilante (marca: Boly BL8102). B. Efecto palanca con osteótomo sobre la cresta tibial osteotomizada. C. Avance de cresta tibial con heteroimplante óseo y empleo de pinza de cóndilo para facilitar la fijación de la cresta. D. Fijación del implante con clavos de osteosíntesis para hueso cortical. Los clavos se encuentran ubicados en forma cruzada y dirigidos hacia el centro del implante

Fuente: elaboración propia.

inciden en el mismo sentido que la incisión cutánea. Seguidamente, se identifica y se expone la tuberosidad tibial para marcar una línea imaginaria equidistante a las inserciones tibial del ligamento rotuliano y del ligamento colateral medial (figura 5), que corresponde al inicio de la osteotomía que va hasta el punto de finalización de la tuberosidad. La osteotomía se realiza con sierra oscilante (marca: Boly BL8102). La línea de osteotomía corresponde al tercio proximal de la longitud de la tibia. En cuanto al diámetro de corte, corresponde al 50% del diámetro de la diáfisis tibial. Se recomienda que el corte longitudinal, se curve 2 cm antes del punto de finalización, donde la concavidad va hacia la tuberosidad. Cabe anotar que la osteotomía se lleva hasta el final de la tuberosidad, lo que la deja unida a la diáfisis solo por tejido blando (figura 6A). Con un osteótomo se realizan

movimientos de palanca para comprobar y facilitar el desprendimiento casi total de la tuberosidad tibial osteotomizada (figura 6B).

El corte de la cuña con las medidas para cada paciente se realizó durante el intraoperatorio con el empleo de sierra oscilante. Para la fijación de la cuña en el nuevo espacio interóseo, se utilizaron 2 clavos de osteosíntesis de punta roscada para hueso cortical entre 1,5 mm y 2 mm, que dependen del tamaño del paciente (figuras 6C y 6D). Estos se implantaron de forma cruzada con dirección al centro del heteroimplante (figura 7). La fijación se complementó con cerclaje de la tuberosidad con alambre ortopédico. La síntesis del tejido blando se realizó de manera rutinaria empleando, para ello, polyglactin 910 del calibre 3-0 como sutura interna y seda calibre 2-0 como sutura externa.



FIGURA 7. Evaluación radiológica posquirúrgica de pacientes con avance de tuberosidad tibial mediante heteroimplante óseo en proyección mediolateral. A. Día 0. B. Día 8. C. Día 30. D. Día 60. E. Día 90. F. Día 120

Fuente: elaboración propia.

Postoperatorio

Se les administró morfina, 0,2-0,4 mg/kg/12 horas/3 días/SC y 20 mg/kg de cefalotina sódica/24 horas/2 días/IM, como analgésico y antibioticoterapia, respectivamente. Terminada la cirugía y durante 3 días se realizó vendaje desde la región tibial distal hasta la región diafisaria del fémur. Se realizó curación diaria de la herida quirúrgica con solución salina al 0,9% hasta obtener cicatrización completa con

retiro de puntos en el día 15. El retiro de los implantes ortopédicos se realizó a los 4 meses.

Evaluación clínica posquirúrgica

Claudicación en la marcha y dolor al movimiento de flexión-extensión

Los animales fueron evaluados cada 5 días por un periodo de 90 días, en el que se clasificó el grado de claudicación a la marcha y

el dolor al movimiento de flexión-extensión de la articulación de la rodilla, según las tablas 1 y 2, respectivamente.

Evaluación del edema, dehiscencia de la herida y secreción purulenta

Para determinar edema, se midió cada 24 horas por 15 días la circunferencia articular con ayuda de cinta métrica. La primera medición se hizo finalizada la cirugía. En cuanto a la dehiscencia de la herida y la secreción purulenta, se clasificó como ausente o presente.

Evaluación radiográfica posquirúrgica

Análisis radiográfico de la implantación

Se realizó proyección mediolateral de la rodilla, después de la cirugía y a los 30, 60, 90 y 120 días. Las radiografías se analizaron en cuanto a su radiopacidad para clasificarlas en grados, de acuerdo con la comparación entre el hueso implantado y el hueso circunvecino (tuberosidad tibial y tibia caudal) (tabla 3).

Análisis radiográfico del ángulo de avance

Se realizó proyección mediolateral de la rodilla durante la evaluación inicial,

después de la cirugía y a los 8, 30, 60 y 90 días para determinar el valor del ángulo de avance (mayor o menor a 90°) con el programa QuantorSv Ltda. 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación clínica

Los resultados del experimento se analizaron con el *software* Statgraphics de la Universidad de Córdoba, Colombia. Según la tabla 4, Anova, los 2 valores-P menores que 0,05 tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la intensidad del grado (claudicación y dolor), con un 95,0% de nivel de confianza.

El análisis se basó en las gráficas de las interacciones. En primer lugar, se revisó el gráfico de interacción entre intensidad del grado con los días del periodo posquirúrgico (figura 8).

Evaluación de la claudicación

Cada miembro fue observado a la marcha durante 90 días posquirúrgicos con intervalos de observación de 5 días. Previo a la cirugía, el 60% de los pacientes tenían claudicación grado I y el 40% restante claudicación grado IV. Se puede decir, según la gráfica, que los pacientes hasta el día 15 posquirúrgico presentaron

TABLA 3. Clasificación de los grados de radiopacidad del implante óseo (cuña) con respecto al hueso circunvecino

Grado	Características radiológicas
Grado 0	Radiopacidad intensamente mayor a la cortical del hueso circunvecino.
Grado I	Radiopacidad discretamente mayor a la cortical del hueso circunvecino.
Grado II	Radiopacidad semejante a la cortical del hueso circunvecino.
Grado III	Radiopacidad menor a la del hueso circunvecino (involucro).

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4. Análisis de varianza para intensidad grado-suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: grado	10,6579	1	10,6579	22,88	0,0000
B: días pos-Qx.	112,411	18	6,24503	13,41	0,0000
Interacciones					
AB	2,24211	18	0,124561	0,27	0,9989
Residuos	70,8	152	0,465789		
Total (corregido)	196,111	189			

Fuente: elaboración propia.

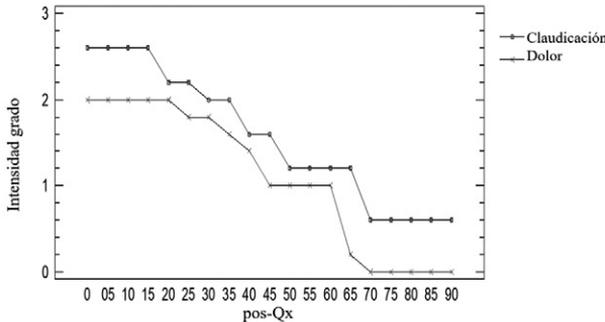


FIGURA 8. Intersacción intensidad grados-días del periodo posquirúrgicos

Fuente: elaboración propia.

claudicación grado III, que desde el día 20 hasta el día 65 se mantuvo en grado II y que esta involucionó a grado I alrededor del día 70. Al final del periodo todos los animales presentaron apoyo normal del miembro tratado.

Los resultados obtenidos concuerdan con los presentados por Castañón (2015), Imholt *et al.* (2011), Ramos (2015) y Yeadon *et al.* (2011), en estudios comparativos de TTA con implante metálico y ácido hialurónico, TTA clásica Securos y TTA Porous, sin observar diferencias significativas entre el tiempo de presentación

de la claudicación con respecto a la técnica quirúrgica. La constante posoperatoria fue la mejora en el tiempo a partir de la sexta semana.

Al parecer la evolución positiva de la claudicación está ligada a la estabilización biomecánica de la rodilla (Smith *et al.* 2005) por una correcta colocación y estabilización del heteroimplante y por ausencia de complicaciones posquirúrgicas en todos los casos. Por otra parte, el menor tiempo de recuperación de algunos animales puede estar asociado a la cronicidad de la RLCA porque, en lesiones más antiguas, la fibrosis

periarticular tiende a estabilizar la rodilla de manera fisiopatológica haciendo que el signo de cajón sea menos evidente (Jerran y Walker 2003).

Penha y Padilha (1998) y Semiglia *et al.* (2006), no reportan complicaciones clínicas al usar implantes de hueso cortical bovino para tratar fracturas diafisarias de huesos largos en perros y gatos.

La evaluación clínica favorable del uso de heteroimplante óseo (costilla bovina) para TTA como tratamiento de RLCA coincide con los resultados obtenidos por Hancox *et al.* (1961) en su estudio con heteroimplantes desproteinizados usados para rellenar defectos óseos.

Evaluación del dolor al movimiento flexión-extensión

Cada miembro fue valorado mediante movimientos de flexión-extensión durante 90 días con intervalos de observación de 5 días. Previo a la cirugía, el 100% de los pacientes presentaron grado II de dolor, que se mantuvo hasta el día 30 posquirúrgico. Hubo involución completa al final de la evaluación, como se muestra en la figura 8.

Los resultados concuerdan con el reporte de Muir *et al.* (2011), Ramos (2015) y Tepic *et al.* (2002), quienes afirman que a la segunda semana posoperatoria el 62% de

los animales sometidos a TTA presentan dolor grado I y II a la hiperextensión, a la cuarta semana el 72% presentó dolor grado I y, para la décima semana, todos los animales presentaron mejoría al movimiento de extensión.

Evaluación de la circunferencia articular

Para probar la significancia estadística de cada factor (pacientes y días posquirúrgicos), se presenta la tabla Anova (tabla 5). Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que los 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo.

Para realizar el análisis se tomaron en cuenta las gráficas de las interacciones. En primer lugar, se revisó la gráfica de interacción entre la circunferencia de la rodilla con los días del posquirúrgico (figura 9).

Durante los primeros 5 días después de la cirugía, se encontraron los mayores valores de circunferencia de la rodilla; sin embargo, al sexto día, todos los animales tenían en promedio el mismo perímetro. De allí en adelante disminuyó la inflamación, lo que sugiere que el heteroimplante empleado no afecta negativamente la respuesta inflamatoria (Martínez 2008).

TABLA 5. Análisis de varianza para circunferencia de la rodilla-suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Valor-P	
Efectos principales					
A: días pos-Qx.	44,0209	15	2,93473	3,85	0,0001
B: paciente	8,84675	4	2,21169	2,90	0,0291
Residuos	45,7372	60	0,762287		
Total (corregido)	98,6049	79			

Fuente: elaboración propia.

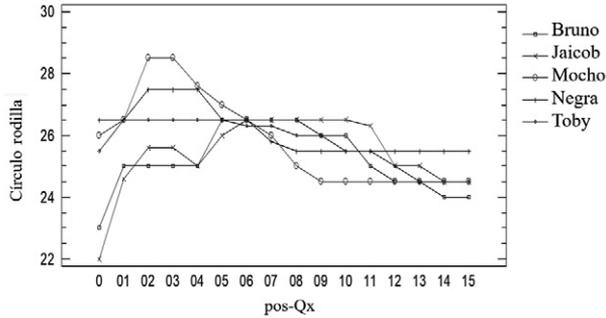


FIGURA 9. Interacción entre la circunferencia de la rodilla y los días del posquirúrgico
Fuente: elaboración propia.

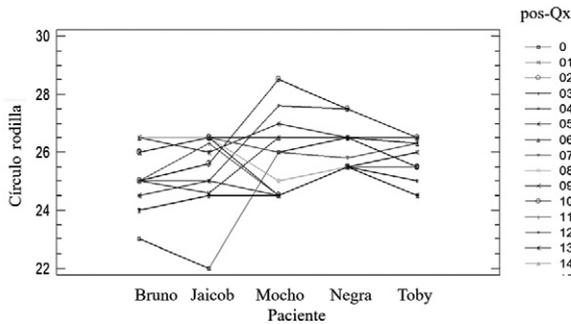


FIGURA 10. Interacción entre circunferencia de la rodilla, en cada uno de los 5 pacientes
Fuente: elaboración propia.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Wander *et al.* (2000) y Zunino *et al.* (2004), quienes reportaron que los heteroimplantes bovinos de hueso cortical desproteínizado implantados en perro provocaron una reacción inflamatoria mononuclear que no afecta la osteoinducción ni la remodelación ósea del hueso implantado con respecto al receptor, gracias a que los métodos de conservación de implantes naturales, en especial de hueso, tienen dentro de su objetivo reducir su antigenicidad, para lo cual es necesario remover toda la parte

proteica (Hancox *et al.* 1961; Elves y Salama 1974).

El otro gráfico que se analizó es el de la interacción entre la circunferencia de la rodilla, en cada uno de los 5 pacientes que se muestra a continuación (figura 10).

Este gráfico expresa lo siguiente:

En general, el comportamiento de la circunferencia de la rodilla fue similar en los 5 animales. El 80% de los pacientes no presentaron secreciones purulentas ni dehiscencia de la herida con cicatrización cutánea completa para el día 15. Solo un paciente (20%) presentó una respuesta

inflamatoria mayor debida a una reacción de cuerpo extraño en respuesta al hilo de sutura absorbible que se hizo visible (polyglactin 910), con cicatrización al día 20 posterior a la retirada de la sutura.

Evaluación radiográfica

La tabla 6 (Anova) descompone la variabilidad del grado de la característica radiológica. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre

el grado de la característica radiológica con un 95,0% de nivel de confianza.

Para realizar el análisis se tomaron en cuenta las gráficas de las interacciones. En primer lugar, se revisó el gráfico de interacción entre grado de la característica radiológica y los días del periodo posquirúrgico (figura 11).

Durante los primeros 8 días después de la cirugía, la radiopacidad estaba en grado 0 en ambas superficies, con respecto al heteroimplante (figuras 7A y 7B); sin embargo, a partir del día 30 hubo mejor respuesta desde la superficie tibial caudal

TABLA 6. Análisis de varianza para grado de características radiológicas-suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: superficie	2,81667	1	2,81667	11,27	0,0016
B: días pos-Qx.	69,8833	5	13,9767	55,91	0,0000
Interacciones					
AB	2,28333	5	0,456667	1,83	0,1254
Residuos	12,0	48	0,25		
Total (corregido)	86,9833	59			

Fuente: elaboración propia.

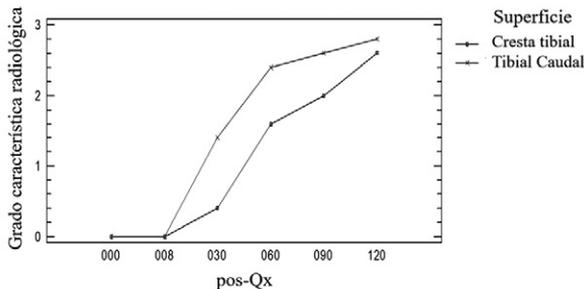


FIGURA 11. Interacción entre grado de la característica radiológica, con los días posquirúrgico

Fuente: elaboración propia.

(figura 7C), pasó a grado II desde el día 60 (figura 7D) y, a los 90 días del posquirúrgico, ambas superficies (tuberosidad tibial y tibia caudal) alcanzaron en promedio el grado III de radiopacidad con respecto al heteroimplante, hasta el final del periodo de evaluación (figuras 7E y 7F). En otro sentido, se puede decir que a medida que avanzó el posoperatorio, la radiopacidad del heteroimplante fue disminuyendo como parte del proceso normal de la reparación y remodelación ósea, este alcanzó una intensidad parecida a la del hueso receptor. Los resultados concuerdan con lo reportado por Di Sevo (2013), Semiglia *et al.* (2006), Bojrab (1996). En estudio con animales sometidos a osteosíntesis de húmero proximal con clavos intramedulares de

hueso cortical bovino en el que, al día 90, se dio la reparación completa del defecto y ausencia de claudicación (grado 0). De igual manera, las propiedades osteoconductoras del heteroimplante óseo, en sus características de hueso corticoesponjoso, permitieron la invasión de tejido vascular y células provenientes de tejido receptor (Berven *et al.* 2010), las que encuentra en estas estructuras el microambiente para el desarrollo, crecimiento y expansión de hueso.

Evaluación de ángulo de avance

La tabla Anova (tabla 7) descompone la variabilidad del ángulo de la articulación en contribuciones debida a varios factores, la cual arrojó que no existe diferencia

TABLA 7. Análisis de varianza para el ángulo articulación-suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: días pos-Qx.	1,83594	4	0,458984	0,04	0,9969
B: paciente	138,318	4	34,5794	2,87	0,0574
Residuos	192,816	16	12,051		
Total (corregido)	332,969	24			

Fuente: elaboración propia.

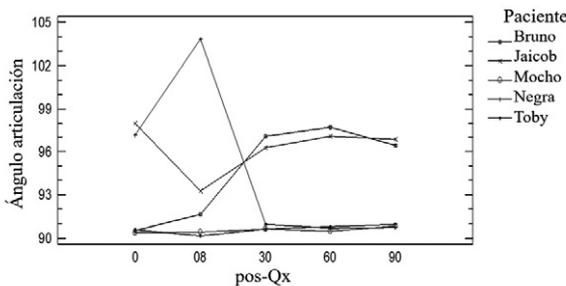


FIGURA 12. Interacción entre ángulo de articulación de la rodilla-días del posquirúrgico

Fuente: elaboración propia.

significativa. Se realiza el análisis del experimento a través de la revisión de las gráficas de las interacciones (figura 12).

Durante los primeros 8 días posquirúrgicos, se presentó incremento brusco del ángulo en 1 de los pacientes, atribuido al desplazamiento de la cuña por sobreesfuerzo y superada a partir del día 30, se aprecia que el ángulo se aproximó a 90°. Quedaron con ángulo articular mayor a 90° al momento de la implantación 2 de los 5 pacientes y, a medida que fue avanzando la cicatrización ósea, el ángulo se aproximó a los 90°. Lo anterior se reflejó en el comportamiento que tuvo la variable *claudicación* atribuida a la neutralización del movimiento de cizallamiento ejercido sobre la articulación y disminución de la tensión sobre los ligamentos cruzados, lo que coincide con los resultados de Verez *et al.* (2016).

CONCLUSIONES

Los animales tratados quirúrgicamente mediante TTA con heteroimplante óseo bovino presentaron resultados positivos en la evaluación clínica (claudicación, dolor por flexión-extensión y circunferencia de la articulación) por la buena estabilización de la rodilla. El proceso de medición de la circunferencia tibial presentó una respuesta inflamatoria de fase aguda con normalización al final del estudio. Las radiografías mostraron que la radiopacidad del heteroimplante con respecto al hueso circunvecino fue disminuyendo gradualmente hasta conseguir su radiocontraste; además, se consiguieron angulaciones de alrededor de los 90°, por lo que la técnica se considera una opción para tratar la RLCA en caninos.

REFERENCIAS

- Berven S, Tay BK, Kleinstueck FS, Bradford DS. 2010. Clinical applications of bone grafts substitutes in spine surgery: consideration of mineralized and demineralized preparation and growth factor supplementation. *Eur. Spine J.* 10(2):169-177.
- Bojrab J. 1996. Fisiopatología y clínica quirúrgica en pequeños animales. 2.ª ed. Buenos Aires: Intermédica.
- Bojrab M, Monnet E. 2011. Mecanismos de enfermedades en cirugía de pequeños animales. 3.ª ed. Buenos Aires: Intermédica.
- Boudrieau R. 2009. Tibial plateau leveling osteotomy or tibial tuberosity advancement. *Vet Sur.* 38(1):1-22.
- Bruin T, Rooster H, Bosmans T, Duchateau L, Bree H, Gielen I. 2007. Radiographic assessment of the progression of osteoarthritis in the contralateral stifle joint of dogs with a ruptured cranial cruciate ligament. *Vet Rec.* 161:745-750.
- Brun M, Pippi L, Driemeier D, Contesini A, Contesini EA, Beck C, Cunha O, Lemos Pinto ST, Roeschig C, Stedile R, Silva TF. 2004 Solução hipersaturada de sal ou de glicerina a 98% como conservante de centros frênicos caninos utilizados na preparação de defeitos musculares em ratos wistar. *Cienc Rural.* 34(1):147-53.
- Castañón F. 2015. Estudio comparativo de las técnicas quirúrgicas, TTA clásica Securos, TTA Porous y TTA Porous con PRP, para el tratamiento de rotura del ligamento cruzado anterior del perro. [Tesis doctoral]. [España] Universidad de León.
- Dasso G, Fernández M, Arias J. 1998. Reparación ósea mediante aloimplantes sometidos a diferentes métodos de conservación en conejos. *Arch Med Vet.* 30(2):57-66.
- Di Sevo V. 2013. Utilización de hueso xenogénico como elemento de osteosíntesis en medicina veterinaria. [Tesis Doctoral]. Montevideo: Universidad de la República de Uruguay; 1-68.
- Elves M, Salama R. 1974. A study of the development of cytotoxic antibodies produced in recipients of xenografts (heterografts) of iliac bone. *J Bone Joint Surg.* 56B (2):331-339.

- Fariña P, Espinoza C, Fajardo I, Felipe S. 2001. Estudio descriptivo de la técnica quirúrgica de avance tuberosidad tibial modificada, mediante uso de tornillo TDF, para la ruptura de ligamento cruzado craneal. *J Hos Vet.* (3)4:120-125.
- Flecknell P. 1998. Anestesia de animales de laboratorio: introducción práctica para investigadores y técnicos. 2.ª ed. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Giovani A, Croci A, Oliveira C, Filippi R, Santos L, Maragni G, Albhy T. 2006. Comparative study of cryopreserved bone tissue and tissue preserved in a 98% glycerol solution. *Clinics (São Paulo).* 61(6):565-570.
- Hancox M, Owen R, Singleton A. 1961. Cross-species grafts of deproteinised bone. *J Bone Joint Surg.* 43B(1):152-161.
- Harasen G. 2002. Diagnosing rupture of the cranial cruciate ligament. *Can Vet J.* 43(6):475-476.
- Imholt M, Moller S, Fehr M, Meyer-Lindenberg A. 2011. Lameness and osteoarthritis development following tibial plateau leveling osteotomy (TPLO) and potential prognostic predictors. A long-term retrospective study. *Tierarztl Prax K H.* 39(5):323-335.
- Jerran R, Walker A. 2003. Cranial cruciate ligament injury in the dog: pathophysiology, diagnosis and treatment. *NZ Vet J.* 51(4):149-158.
- Kim HJ, Fernandez JW, Akbarshahi M, Walter JP, Fregly BJ, Pandy MG. 2009. Evaluation of predicted knee-joint muscle forces during gait using an instrumented knee implant. *J Orthop Res;* 27(10):1326-1331.
- López J, Guaimás L, Báez A, Lockett M, Maidana R. 2007. Tratamiento quirúrgico de hernias perineales en caninos mediante el uso de pericardio equino conservado en glicerina. *Rev Vet.* 18(1):3-8.
- López J. 2012. Avance de la tuberosidad tibia con injerto autólogo de ala del isquion. *Clínica Veterinaria Puga, Ourense. Portal Veterinario Argos 45* [Internet]. [citado 2017 oct 24]. Disponible en: <https://argos.portalveterinaria.com/noticia/8423/articulos-archivo/avance-de-la-tuberosidad-de-la-tibia-con-injerto-autologo-del-ala-del-isquion.html>
- Martínez M. 2008 Composito de hidroxiapatita e lignina como promotor de osseointegración entre implante metálico e tecido ósseo: estudio experimental. [Tesis de maestría]. [Vicosa] Universidade Federal de Vicosa.
- Martínez M, Borges B, Pompermayer G, Carlo C, Vilela M, Rates M, Morato O, Eleotério B, Bicalho M. 2009. Osseointegração clínica-radiológica do composito hidroxiapatita-lignina entre implante metálico e tecido ósseo em coelho. *Arq. Bras Med Vet Zoo.* 61(4):835-843.
- Martínez M, Ballut J, Lozano E. 2012. Evaluación microscópica en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) de biocompatibilidad de aloimplante de meniscos conservados en glicerina al 98%. *Rev Científica FCV-LUZ.* 22(4):332-40.
- Montavon P, Damur D, Tepic S. 2002. Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle. En: 1st world orthopedic veterinary congress, Munich, Germany. *ESVOT-VOS.* 152.
- Musté RM, 2013. Análisis comparativo de la rigidez al desplazamiento antero-posterior de la rodilla canina completa, rodilla con rotura del ligamento cruzado anterior y rodilla reparada con la técnica de avance de la tuberosidad tibial. [Tesis doctoral]. [Cataluña] Universitat Politècnica De Catalunya.
- Muir P, Schwartz Z, Malek S, Kreines A, Cabrera Y, Buote N, Bleedorn J, Schaefer S, Holzman G, Hao Z. 2011. Contralateral cruciate survival in dogs with unilateral non-contact cranial cruciate ligament rupture. *Plos One.* 6(10):253-311.
- Nakamura N, Ellis M, Seedhom B. 1985. Advance of the tuberosity, a biomechanical study. *Society of Bone and Joint Surgery.* 67(2):255-260.
- Nisell R. 1985. Mechanics of the Knee: A Study of Joint and Muscle Load with Clinical Applications. *Acta Orthop.* 56. 216:1-42.
- Padilha J, Carvalho L, Figueiredo S. 2008. Uso do enxerto ósseo cortical bovino conservado em glicerina a 98% na osteotomia femoral em gatos. *Ciênc Anim Bras.* 9(4):1071-1078.
- Penha L, Padilha J, Brasil F. 1998. Use of intramedullary nail xenograft made from bovine cortical bone, preserved in 98% glycerol, for the treatment of femoral dyaphysis osteotomy in the cat. A clinical study. *XXIII Congreso de la Asociación Mundial de Medicina Veterinaria de Pequeños.*

- Pérez D, Lancheros V, Martínez M. 2014. Evaluación geométrica de meniscos frescos y conservados en glicerina al 98%. Estudio en conejos (*Oryctolagus cuniculus*). Rev MVZ Córdoba. (28):23-30
- Ramírez G, Hernández M, Sotoscoy C. 1997. Unidad Técnica. En: Área quirúrgica, ortopedia y traumatología. 1.ª ed. México D. F. Universidad Autónoma de México. 21-36.
- Ramos P. 2015. Eficacia de Hyal-Joint en sinovitis canina: ensayo clínico en perros con rotura de ligamento cruzado craneal tras tratamiento por avance de la Tuberosidad Tibial (TTA). [Tesis doctoral]. [Valencia] Universidad CEU Cardenal Herrera.
- Semiglia G, Izquierdo D, Zunino J. 2006. Reparación quirúrgica de defectos esqueléticos en pequeños animales mediante implantes óseos xenogénicos desantigenizados: resultados preliminares. J Veterinaria Montevideo. (41):45-48.
- Smith G, Myers SL, Brandt KD, Mickler EA, Albrecht ME. 2005. Effect of intraarticular hyaluronan injection on vertical ground reaction force and progression of osteoarthritis after anterior cruciate ligament transaction. J Rheumatol. 32 (2):325-334.
- Tepic S, Damur D, Montavon D. 2002. Biomechanics of the Stifle. En: 1st World Orthopedic Veterinary Congress, Munich, Germany. ESVOT-VOS 189-190.
- Verez F, Reviriego L, Köstlin R, Climent Peris S, Sánchez F, Gargallo J. 2016. Patologías ortopédicas de la rodilla. Zaragoza, España: Servet Editorial.
- Wander W, Schwartz D; James P, Power E, Taylor B, Wimsatt H. 2000. Fracture healing after stabilization with intramedullary xenograft cortical bone pins: a study in pigeons. Vet Surg. 29(3):237-244.
- Yeadon R, Fitzpatrick N, Kowaleski P. 2011. Tibial tuberosity transposition-advancement for treatment of medial patellar luxation and concomitant cranial cruciate ligament disease in the dog Surgical technique, radiographic and clinical outcomes. Vet Comp Orthop Traumatol. 24(1):18-26.
- Zunino H, Bengochea M, Johnston J, Deneo H, Hernández S, Servetto C, Taranto L, Ordoqui G. 2004. Immunologic and osteogenic properties of xenogenic and allogeneic demineralized bone transplants. J Cell and Tissue Banking. (5):141-148.

Forma de citación del artículo

Pérez DM, Martínez MM, Cardona JA. 2021. Avance de tuberosidad tibial con heteroimplante óseo para el tratamiento de ruptura de ligamento cruzado anterior en caninos. Rev Med Vet Zoot. 68(1): 19-36. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n1.97249>