



Diagnóstico ultrasonográfico de fracturas de estrés de tibia mediante Modo B y Doppler de Poder en caballos sangre pura de carrera. Estudio preliminar

Ferreira, V.^{1*} ; Muriel, M.G.¹ ; López, R.A.¹ ; Azcona, F.¹ ; Tuemmers Apablaza, C.² 

¹Cátedra de Medicina Equina, Servicio de Medicina y Cirugía de Grandes Animales, Hospital Escuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

²Departamento de Ciencias Veterinarias y Salud Pública, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Dr. Luis Rivas del Campo. Temuco, Chile. ✉ vferreira@fcv.unlp.edu.ar

Resumen

Las fracturas por estrés de la tibia son causa frecuente de claudicación de los miembros pelvianos en los Sangre Pura de Carrera (SPC) jóvenes; si no se detectan a tiempo, pueden progresar a fracturas completas, lo que lleva en la mayoría de los casos a la eutanasia del equino. Históricamente, la gammagrafía nuclear ha sido la modalidad de imagen de elección para el diagnóstico de las fracturas por estrés de la tibia; sin embargo, es un método complejo, muy costoso, que no está disponible en muchos países. Se realizó un estudio preliminar, descriptivo y retrospectivo de 12 caballos con diagnóstico ecográfico compatible con fracturas por estrés de la tibia. El objetivo fue describir el uso de la ultrasonografía en Modo B (MB) y con Doppler de Poder (DP) para el diagnóstico de fracturas por estrés de la tibia en SPC, de entre 2 y 3 años, de ambos sexos, todos con antecedente de claudicación aguda de los miembros pelvianos. Las evaluaciones ultrasonográficas en MB y DP fueron realizadas siempre por el mismo operador utilizando un ecógrafo portátil. Se obtuvieron imágenes compatibles con fractura de estrés incompleta en 10/12 equinos y fractura por estrés completa desplazada de tibia en 2/12 de los equinos evaluados. La ecografía en MB asociada a DP demostró ser un método accesible y eficaz que permitió visualizar cambios compatibles con fracturas por estrés en la superficie cortical de la tibia en los caballos en estudio.

Palabras clave: Tibia, ecografía, Doppler color, claudicación, caballos.

Ultrasonographic diagnosis of tibial stress fractures using B Mode and Power Doppler in thoroughbred racehorses. A preliminary study

Abstract. Stress fractures of the tibia are common causes of lameness of the pelvic limbs of young Thoroughbreds (TB). If not detected in time, they can progress to complete tibial fractures, which in most cases leads to equine euthanasia. Historically, nuclear scintigraphy has been the imaging modality of choice for the diagnosis of tibial stress fractures; however, it is a complex and expensive method and is not available in many countries. A preliminary, descriptive and retrospective study was conducted on 12 horses with an ultrasonographic diagnosis compatible with tibial stress fractures. The objective was to describe the use of B-Mode (BM) and Power Doppler (PD) ultrasonography for the diagnosis of tibial stress fractures in TB, between 2 and 3 years old, of both sexes, all with a history of acute pelvic limbs lameness. Ultrasonographic evaluations in MB and DP were always performed by the same operator using a portable ultrasound machine. Images compatible with incomplete stress fractures were obtained in 10/12 horses, and complete displaced tibial stress fractures were found in 2/12 of the horses evaluated. BM ultrasound combined with PD proved to be an accessible and effective method to visualize changes compatible with stress fractures on the cortical surface of the tibia in the horses under study.

Key words: Tibia, ultrasonography, Doppler color, lameness, horses.

INTRODUCCIÓN

Las fracturas por estrés de la tibia son causas frecuentes de claudicación de los miembros pelvianos en caballos Sangre Pura de Carrera (SPC), si no se detectan a tiempo, pueden progresar a fracturas completas (Dyson 2011), lo que conduce en la mayoría de los casos, a la eutanasia del equino. El pronóstico es diferente cuando la lesión se identifica de forma temprana, ya que se pueden llevar a cabo planes de tratamiento y rehabilitación adecuados, lo que permite que el equino regrese a su actividad deportiva completa (Worden et al. 2013). Sin embargo, el diagnóstico temprano de las fracturas por estrés de tibia puede ser clínicamente desafiante. La presentación clínica varía significativamente en los caballos afectados, el sitio del dolor rara vez se identifica mediante palpación o bloqueo nervioso regional (Worden et al. 2013).

Históricamente, la gammagrafía nuclear ha sido la modalidad de imagen de elección para el diagnóstico de fracturas por estrés de la tibia (Ruggles et al. 1996, Spike et al. 1996, Davidson y Martin 2004), sin embargo, es un método complejo, muy costoso y no está disponible en varios países. La radiografía digital ha avanzado considerablemente en los últimos años, obteniendo imágenes de alta calidad; sin embargo, a menudo se obtienen resultados negativos en las etapas iniciales de las fracturas por estrés. En un estudio realizado por Spike et al. (1996), reportaron que solo el 33% de los caballos con fracturas por estrés de la tibia fueron identificados con éxito mediante radiología.

La ecografía en Modo B (BM) asociada al Doppler de Poder (Power Doppler) permite la evaluación de alteraciones en el espesor del periostio, presencia de edema en las cercanías de la corteza ósea, disrupción de esta última, presencia de callos óseos y aumento anormal de la vascularización del periostio de la zona afectada, siendo estos signos ecográficos compatibles con fracturas por estrés (Sofka 2006, Warden et al. 2006, Pohl et al. 2008, Banal et al. 2009, Ferreira et al. 2022). La ecografía se ha utilizado en medicina humana para la detección de fracturas por estrés durante varios años (Bodner et al. 2005, Farkash et al. 2008, Leininger y Fields 2010, Bianchi 2020). Aunque existen algunos estudios en caballos sobre el uso de la ecografía en MB para el diagnóstico de fracturas por estrés de húmero (Vaughan et al. 2024), escápula, pelvis (Puccetti et al. 2022) y los huesos sesamoideos proximales (Almanza y Whitcomb 2003, Davidson 2011, Stover 2013), son escasos los trabajos en los que se utiliza el Modo DP en las lesiones musculoesqueléticas y específicamente en las lesiones óseas (Ferreira et al. 2022).

El objetivo del presente estudio retrospectivo fue describir el uso de la ecografía en MB y con DP para el diagnóstico de fracturas por estrés de la tibia en SPC jóvenes con antecedentes de claudicación aguda de los miembros pelvianos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio y población. Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo, de 12 equinos con diagnóstico ecográfico compatible con fracturas por estrés de tibia, derivados al Hospital de Grandes Animales de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata desde el año 2021 al 2024. Los criterios de inclusión fueron: equinos raza SPC, de entre 2 y 3 años, de ambos sexos, en actividad deportiva, todos con antecedentes de claudicación aguda en los miembros pelvianos que se manifestaron después del ejercicio de alta velocidad y que no mostraron alteraciones significativas a nivel distal de las extremidades al examen clínico.

Evaluación clínica. El examen musculoesquelético y evaluación de la claudicación fue realizado por un veterinario experimentado, realizando inspección dinámica en línea recta al paso y al trote, sobre suelo duro y blando, graduándose la claudicación de 1 a 5 siguiendo la escala de la AAEP (American Association of Equine Practitioners).

Técnica ultrasonográfica. Se realizaron los exámenes ecográficos en MB y con DP entre el primer y el quinto día después del inicio de la claudicación, siempre por el mismo operador. Se utilizó un ecógrafo portátil Sonoscape E2 con sonda lineal de 5-11 MHz y sonda convexa de 2,5-5 MHz. Se evaluó la tibia mediante abordajes lateral, medial, craneal y caudal realizando cortes longitudinales y sagitales, escaneando desde proximal hacia distal, previo rasurado de la zona y la colocación de abundante gel. Para la evaluación en MB se utilizaron frecuencias entre 7,5 y 10 MHz para la sonda lineal y 5 MHz para la sonda convexa. Las lesiones observadas en la ecografía en MB se caracterizaron de la siguiente manera:

Alteración de la corteza y grosor del periostio de la tibia (Figura 1).

- Grado 1; hasta 5 mm (Figura 1b).
- Grado 2: de 5 a 15 mm (Figura 1c).
- Grado 3: más de 15 mm o callo óseo (Figura 1d).
- Grado 4: Discontinuidad cortical sin desplazamiento (Figura 1e).
- Grado 5: Discontinuidad cortical con desplazamiento (Figura 1f).

Para la evaluación con DP se utilizó un PRF promedio de 1 y una ganancia promedio de 100. Los cambios vasculares en el periostio y los tejidos blandos circundantes se evaluaron utilizando una escala semicuantitativa (Figura 2).

- Grado 0: ausencia de señal en el área evaluada.
- Grado 1: señal solitaria en el área evaluada.
- Grado 2: señal confluyente que ocupa menos del 50% de la superficie ósea evaluada
- Grado 3: señal que ocupa más del 50% de la superficie ósea evaluada

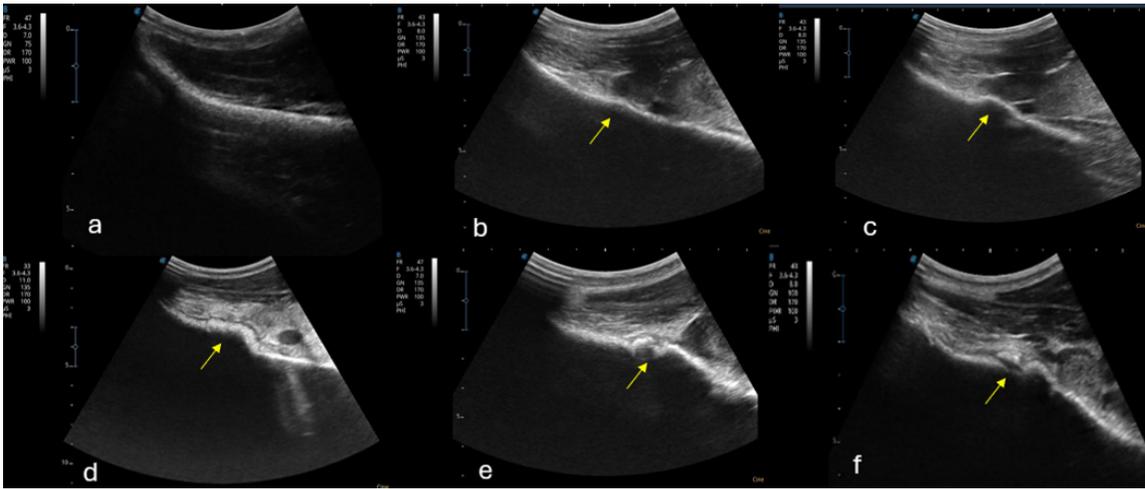


Figura 1. Escala en MB de cambios ultrasonográficos de la corteza y periostio de la tibia mediante abordaje longitudinal, con sonda convexa, de la cortical lateral del tercio proximal de la diáfisis tibial; a) Tibia normal, b) Grado 1, c) Grado 2, d) Grado 3, e) Grado 4, f) Grado 5.

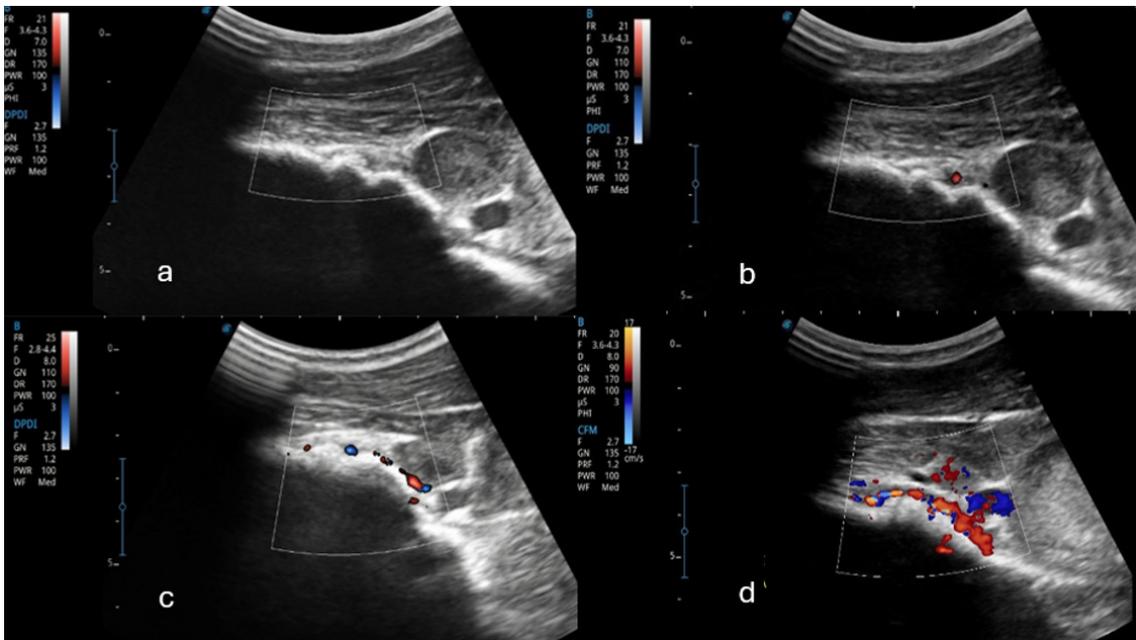


Figura 2. Escala semicuantitativa de medición de la señal Doppler DP. a) Grado 0, b) Grado 1, c) Grado 2, d) Grado 3.

Técnica radiográfica. Se logró recopilar de la base de datos, las imágenes radiográficas de 8 de los 12 equinos seleccionados para el análisis retrospectivo. Las imágenes analizadas fueron mediante las vistas antero-posterior, latero-medial y ambas oblicuas. Los criterios radiográficos para el diagnóstico de fracturas por estrés tibial incluyeron una reacción reactiva del periostio o endostio, con o sin fractura cortical.

Análisis de datos. Se realizó un análisis descriptivo de los hallazgos encontrados en la evaluación clínica, ecográfica y radiológica, utilizando el entorno R (R Core Team 2024).

RESULTADOS

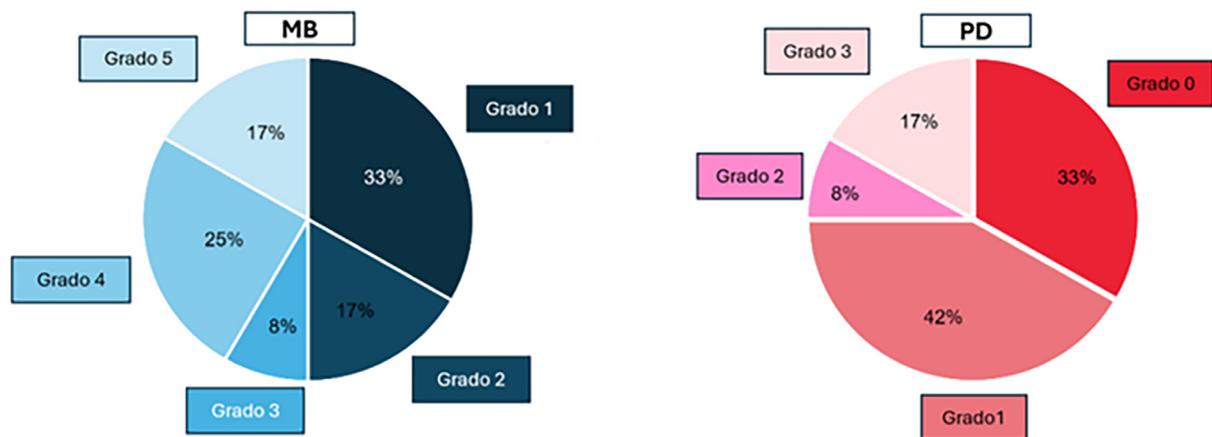
Los hallazgos clínicos, ecográficos y radiográficos se resumen en la Tabla 1. Se analizaron los datos correspondientes a 7 hembras y 5 machos, de 2 y 3 años. Se obtuvieron imágenes compatibles con fractura por estrés incompleta en 10 equinos y fractura por estrés completa desplazada de tibia en 2 de los equinos del estudio. Las extremidades afectadas fueron el miembro pelviano izquierdo en el 41,6% y el miembro pelviano derecho en el 58,3%. En el 83,3% de los caballos (10/12), la lesión se localizó a nivel del tercio proximal y lateral de la diáfisis de la tibia, en cercanías y craneal de la cabeza del peroné.

Tabla 1. Resumen de los detalles clínicos, ecográficos en Modo B (MB), con Doppler de Poder (DP) y radiográficos en 12 equinos SPC.

Caso N°	Edad		Claudicación		Ubicación de la lesión	Grado MB	Grado DP	Signos radiográficos
	(años)	Sexo	(0-5 AAEP)	Miembro pelviano				
1	2	Hembra	4	Izquierdo	diáfisis proximal	4	3	fractura cortical
2	2	Hembra	3	Derecho	diáfisis proximal	2	2	reacción del periostio
3	2	Macho	3	Izquierdo	diáfisis proximal	1	1	reacción del periostio
4	2	Hembra	3	Izquierdo	diáfisis proximal	1	1	Sin signos
5	2	Macho	4	Derecho	diáfisis proximal	4	3	No se realizó
6	2	Hembra	3	Derecho	diáfisis proximal	3	1	pequeño callo
7	3	Macho	3	Derecho	diáfisis proximal	4	1	No se realizó
8	2	Hembra	5	Derecho	diáfisis proximal y media	5	0	fractura completa
9	2	Macho	5	Derecho	diáfisis proximal y media	5	0	fractura completa
10	2	Hembra	4	Izquierdo	diáfisis proximal	1	0	Sin signos
11	2	Macho	3	Derecho	diáfisis proximal	1	0	No se realizó
12	3	Hembra	3	izquierdo	diáfisis proximal	2	1	No se realizó

Hallazgos de la ecografía en MB. La evaluación ultrasonográfica en MB detectó alteraciones en el periostio de la tibia en todos los caballos (12/12). Se observaron alteraciones de grado 1 en 4 de los caballos del estudio, de grado 2 en 2 caballos, de grado 3, en 1 caballo, de grado 4, en 3 caballos y de grado 5 en 2 caballos (Figura 3).

Hallazgos ecográficos del DP. La evaluación con DP identificó un aumento de la vascularización del periostio debido a cambios inflamatorios; se detectó una señal de DP en 8/12 de los caballos. Se observó grado 1 en 5 de los caballos del estudio, grado 2 en 1 caballo, grado 3 en 2 caballos y no se detectó señal de DP en 4 caballos (Figura 3).

**Figura 3.** Resultados obtenidos en la evaluación ultrasonográfica con MB y DP de 12 equinos.

Hallazgos radiográficos. Los hallazgos radiográficos fueron compatibles con fractura por estrés en 6 de los 8 equinos evaluados mediante radiología; no se observaron hallazgos radiológicos en 2 equinos que tuvieron una puntuación baja en la evaluación ecográfica. En 4 de los equinos del estudio no fue posible recopilar información sobre las radiografías debido a que, en el momento de la evaluación, los propietarios no accedieron al examen radiográfico por razones económicas.

DISCUSIÓN

Las fracturas de tibia en SPC son relativamente poco frecuentes, pero las limitaciones en su diagnóstico, por

lo tanto, en su tratamiento, dan lugar a una mortalidad relativamente alta en comparación con otras lesiones musculoesqueléticas. Con la llegada de la medicina nuclear, la gammagrafía nuclear diagnóstica ha sustituido a la radiografía como el "gold standard" para el diagnóstico y seguimiento de las fracturas por estrés de tibia en equinos (Ramzan 2003, Bowers et al. 2023), no obstante, es un método costoso e inaccesible en varios países. En medicina humana, la ultrasonografía se utiliza en la detección temprana de fracturas por estrés (Banal et al. 2009, Bianchi 2020); mediante el DP se evalúa y cuantifica el aumento del flujo sanguíneo del periostio debido al proceso inflamatorio (Chao et al. 1999, Paliwal et al. 2021) en las fases agudas y la disminución del flujo sanguíneo en las últimas etapas

de la reparación (Chao et al. 1999, Paliwal et al. 2021), sirviendo como método objetivo en el seguimiento de las lesiones corticales óseas. Sin embargo, no es frecuente su uso en la medicina equina en la actualidad. En un estudio previo realizado por Ferreira et al. (2022), se analizaron 122 afecciones musculoesqueléticas mediante ultrasonografía en MB y DP, se pudo constatar presencia de señal DP en el 38%, siendo las afecciones óseas en donde se obtuvo una mayor presencia de señal DP (73%) y de mayor grado. En periostitis de los metacarpianos, fisuras por estrés y fracturas, permitió identificar el aumento de la vascularización del periostio a nivel del área de lesión y determinar si dicha alteración cortical se encontraba o no reactiva, similar a lo reportado en medicina humana (Ferreira et al. 2022).

En este estudio la ecografía en MB y DP pudo detectar cambios a nivel de la tibia en los 12 equinos evaluados, permitiendo graduarlos en base a la severidad de la lesión. Debido a la ausencia de escalas descritas en la bibliografía veterinaria se desarrolló una escala de graduación (de 1 a 5) de cambios a nivel de la cortical ósea en el MB y se utilizó una escala semicuantitativa de 0 a 3 adaptada de medicina humana para cuantificación de la señal Doppler en las sinovitis (Vergara 2018). Con la ecografía en MB se visualizaron pequeños cambios en la cortical de la tibia que no pudieron detectarse con la radiografía en 2 de los equinos en estudio. Las lesiones se ubicaron en el tercio proximal y lateral de la diáfisis de la tibia en el 80% de los casos, coincidiendo dichos hallazgos con otros autores (Pilsworth y Webbon 1988, Samol et al. 2020) quienes reportaron que las fracturas catastróficas de tibia frecuentemente presentan indicios de lesiones óseas previas en dicha localización. La ecografía identificó engrosamiento perióstico, irregularidades corticales, presencia de edema y callo óseo cuando se utilizó en MB mientras que el DP ayudó a detectar el aumento anormal del flujo vascular del periostio afectado así como sus cambios a lo largo del proceso de reparación, todos estos signos ecográficos característicos de las fracturas por estrés se asemejan a los descritos en estudios previos en medicina humana (Sofka 2006, Warden et al. 2006, Pohl et al. 2008, Banal et al. 2009, Bianchi 2020).

CONCLUSIÓN

La ultrasonografía en MB se ha convertido en los últimos años en una herramienta de gran utilidad en la evaluación de las afecciones musculoesqueléticas en el equino, mientras que no es frecuente el uso del DP en el examen de estas últimas. Según la experiencia de los autores, la ecografía en MB en conjunto DP demostró ser un método accesible, práctico, económico, portátil e inocuo que permite visualizar cambios a nivel de la superficie cortical de la tibia, los cuales son compatibles con fracturas de estrés. Es necesario realizar estudios adicionales con un mayor número de equinos basados en datos clínicos, ultrasonográficos y radiográficos que nos permitan cuantificar de manera consistente la severidad o estadio de progresión de las fracturas por estrés en la tibia equina, optimizando el diagnóstico, reduciendo el tiempo

de curación, así como también para la prevención de lesiones catastróficas.

Agradecimientos. Al personal docente del Hospital de Grandes Animales de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

ORCID

Ferreira, V.  <https://orcid.org/0000-0003-4981-8084>
 Muriel, M.G.  <https://orcid.org/0009-0004-0929-4719>
 López, R.A.  <https://orcid.org/0000-0002-5112-8085>
 Azcona, F.  <https://orcid.org/0000-0002-6163-6403>
 Tuemmers Apablaza, C.  <https://orcid.org/0000-0002-9723-086X>

REFERENCIAS

1. Almanza A, Whitcomb MB. Ultrasonographic diagnosis of pelvic fractures in 28 horses. *Proc. Am. Ass. Equine Pract.* 2003. p. 50-54.
2. Banal F, Gandjbakhch F, Foltz V, Goldcher A, Etchepare F, Rozenberg S, Koeger A, Bourgeois P, Fautrel B. Sensitivity and specificity of ultrasonography in early diagnosis of metatarsal bone stress fractures: a pilot study of 37 patients. *J Rheumatol.* 2009; 36: 1715-1719.
3. Bianchi S. Ultrasound and bone: a pictorial review. *J. Ultrason.* 2020; 23(3): 227-257.
4. Bodner G, Stöckl B, Fierlinger A, Schocke M, Bernathova M. Sonographic findings in stress fractures of the lower limb: preliminary findings. *Eur. Radiol.* 2005; 15(2): 356-359.
5. Bowers, Kristin, Joshua T. Weinhandl y David E. Anderson. A review of equine tibial fractures. *Equine Vet J.* 2023; 55(2): 171-181.
6. Chao HC, Kong MS, Lin TY, Chiu CH, Wang CR, Lee ZL. Sonographic and color Doppler sonographic diagnosis of acute osteomyelitis: report of one case. *Acta Paediatr Taiwan.* 1999; 40(4): 268-270.
7. Davidson EJ, Martin BB Jr. Stress fracture of the scapula in two horses. *Vet Radiol Ultrasound.* 2004; 45(5): 407-410.
8. Davidson EJ. Pathophysiology and clinical diagnosis of cortical and subchondral bone injury. In: Ross MW, Dyson SJ, editors. *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse.* 2nd edition. Philadelphia: W.B. Saunders Co. 2011; 935-946.
9. Dyson SJ. The elbow, brachium, and shoulder. In: Ross MW, Dyson SJ, editors. *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse.* 2nd edition. Philadelphia: W.B. Saunders Co. 2011; 456-474.
10. Farkash U, Naftal J, Deranze E, Blankstein A. Ultrasonography as a diagnostic modality of tibial stress fractures. *J. Musculoskelet. Res.* 2008; 11(02): 55-61.

11. Ferreira V, Boffa, MF, Monina MI. Ultrasonografía musculoesquelética con Doppler de poder asociado al modo B en el equino. *Rev vet.* 2022; 33(2): 235-240.
12. Leininger AP, Fields KB. Ultrasonography in early diagnosis of metatarsal bone stress fractures. Sensitivity and specificity. *J. Rheumatol* 2010; 37(7): 1543.
13. McGlinchey L, Hurley M, Riggs C, Rosanowski S. Description of the incidence clinical presentation and outcome of proximal limb and pelvic fractures in Hong Kong racehorses during 2003-2014. *Equine Vet. J.* 2017; 49: 789-794.
14. O'Sullivan CB, Lumsden JM. Stress fractures of the tibia and humerus in Thoroughbred racehorses: 99 cases (1992–2000). *J Am Vet Med Assoc.* 2003; 222: 491-498.
15. Paliwal A, Sahdev R, Deshwal A, Ram B. Role of ultrasound in the diagnosis of pediatric acute osteomyelitis. *J. Ultrason.* 2021; 21(84): 34-40.
16. Pilsworth R, Webbon P. The use of radionuclide bone scanning in the diagnosis of tibial 'stress' fractures in the horse: a review of five cases. *Equine Vet J Suppl.* 1988; (6): 60-65.
17. Pohl MB, Mullineaux DR, Milner CE, Hamill J, Davis IS. Biomechanical predictors of retrospective tibial stress fractures in runners. *Journal of biomechanics.* 2008; 41(6): 1160-1165.
18. Puccetti M, Beccati F, Denoix JM. Bone stress injuries and fatigue fractures of the pelvis in endurance horses. *Equine Vet J.* 2022; 54: 1064-1075.
19. R Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2024. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.
20. Ramzan P, Newton J, Sheperd M, Head M. The application of a scintigraphic grading system to equine tibial stress fractures: 42 cases. *Equine Vet J.* 2003; 35(4):382-388.
21. Ruggles AJ, Moore RM, Bertone AL, Schneider RK, Bailey MQ. Tibial stress fractures in racing standardbreds: 13 cases (1989-1993). *J Am Vet Med Assoc.* 1996; 209(3): 634-637.
22. Samol M, Uzal A, Hill E, Arthur M, Stover M. Characteristics of complete tibial fractures in California racehorses. *Equine Vet. J.* 2020; 53(5): 911-922.
23. Sofka CM. Imaging stress fractures. *Clin Sport Med.* 2006; 25: 53-62.
24. Sokol B, Zangari J, Kahn R. Stress fractures: pathophysiology, epidemiology, and risk factors. *Curr Osteoporos Rep.* 2006; 4: 103-109.
25. Spike L, Bramlage R, Embertson M, Hance R. Tibial fractures in 51 racehorses. *Proc. Am. Ass. Equine Pract.* 1996; 42: 280-281.
26. Sprayberry KA, Robinson NE. Robinson's current therapy in equine medicine. Elsevier Health Sciences. 2014.
27. Stover SM. Diagnostic workup of upper-limb stress fractures and proximal sesamoid bone stress remodeling. *Proc. Am. Ass. Equine Pract.* 2013; 59: 427-435.
28. Vaughan B, McKerney E, Wollenberger C, Cloninger A, Spriet M, Galuppo L, Stover S. Ultrasonographic diagnosis of humeral stress fracture in thoroughbred racehorses. 2024.
29. Vergara F, Ruta S, Rosa J, Marín J, García-Mónaco R, Soriano ER. Valor de la ecografía con Doppler de poder en pacientes con artritis reumatoide en remisión clínica: ¿reclasificación de la actividad de la enfermedad? *Reumatología clínica,* 2018; 4: 202-206.
30. Warden S, Burr D, Brukner P. Stress fractures: pathophysiology, epidemiology, and risk factors. *Curr Osteoporos Rep.* 2006; 4: 103-109.
31. Worden P, Peloso J, Legg R. How to Radiograph and Diagnose Fractures of the Tibia in the Field. *Proc Am Ass Equine Pract.* 2013; 59: 403-9.