

Emisión acústica y prueba de flexión en tres puntos en la diáfisis de la falange proximal del dedo de la mano de equinos mestizos criollos

Acoustic emission and three-point flexion test in the diaphysis of the proximal phalanx of the finger of the hand of crossbreed horses

DOI: 10.5281/zenodo.7484774

Rita Cecilia Fioretti^{1*}, Rosana Moine¹, Pablo Varela², María Soledad Gigena¹, Mario Salvi³, Rafael Audap Soubie³, Rodrigo de Prada², Leandro Giorgetti²; Matías Varela¹, Silvana Gonzalez Sanchez¹, Maximiliano Cancino¹, Marco Nozzi¹, Gastón Comeglio¹, Josefina Boatti¹

1-Departamento de Anatomía Animal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

2- Departamento de Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

3- Departamento de Clínica Animal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Resumen. La especialización del aparato locomotor del equino necesita el estudio exhaustivo de sus componentes. Se utilizó un modelo experimental para cuantificar las características mecánicas de la diáfisis de las falanges proximales. Los objetivos de este trabajo fueron determinar las características mecánicas estáticas de las falanges proximales y aportar conocimientos biomecánicos aplicables a la clínica animal. Se realizó el monitoreo del ensayo mediante la técnica de Emisión Acústica. Se estudiaron las falanges proximales del dedo de la mano de 10 caballos mestizos criollos. A la falange proximal derecha se le practicó una osteotomía transversal en la parte media de la diáfisis del hueso y se midió en la superficie de sección: espesor cortical, área cortical y área medular. A la falange proximal izquierda se la sometió a prueba de flexión en tres puntos, realizándose simultáneamente el monitoreo mediante Emisión Acústica. Las variables en estudio fueron sometidas a análisis estadísticos descriptivos e inferenciales. La fuerza máxima promedio de resistencia de las falanges fue de 28,09 kN con rangos entre 15,62 kN y 43,88 kN. Al examinar los resultados aparecen eventos de Emisión Acústica que pueden ser detectados y acompañan gradualmente al aumento de la fuerza que va soportando el hueso. Se comprueban las enormes ventajas del monitoreo mediante la técnica de Emisión Acústica, permitiendo conocer el comienzo de fracturas de hueso sometidos a solicitaciones mecánicas.

Palabras clave: equino, falange proximal, flexión, emisión acústica.

Artículo recibido: 24/8/22. Artículo aceptado: 30/9/22

^{*}Autora para correspondencia: Rita Cecilia Fioretti, Ruta Nacional 36, Km. 601, 5804 Río Cuarto, Córdoba, Argentina; E MAIL cfioretti@ayv.unrc.edu.ar

Abstract. The specialization of the equine musculoskeletal system needs an exhaustive study of its components. An experimental model was used to quantify the mechanical characteristics of the diaphysis of the proximal phalanges. The aims of this work were to determine the static mechanical characteristics of the proximal phalanges and contribute biomechanical knowledge applicable to animal clinic. The monitoring of the trial, was carried out using Acoustic Emission technique. The proximal phalanges of the finger of 10 crossbreed horses were studied. The right proximal phalanx, a transverse osteotomy was performed in the midshaft of the bone and was measured on the section surface: cortical thickness, cortical area and medullary area. The left proximal phalanx, was subjected to a three point bending test, simultaneously monitoring by Acoustic Emission. The variables under study were subjected to descriptive and inferential statistical analyses. The average maximum resistance force of the phalanges was 28.09 kN, with ranges between 15.62kN and 43.88kN. Examining the results shows Acoustic Emission events that can be detected and gradually accompany the increase in the force that the bone is supporting. The enormous advantages of monitoring through the Acoustic Emission technique are verified, allowing to know the beginning of bone fractures subjected to mechanical solicitations.

Key words: horse, proximal phalanx, flexion, acoustic emission

INTRODUCCIÓN

Para la correcta especialización del aparato locomotor del caballo se necesita del estudio exhaustivo de sus componentes. Dentro de ellos, los huesos de la mano están sometidos a mayores esfuerzos biomecánicos que los exponen a fracturas (Audisio, et al., 2014). El hueso es el único tejido capaz de experimentar adaptaciones mecánicas y su conocimiento es esencial desde el punto de vista clínico. Además, se puede optimizar el material a utilizar en procesos de osteosíntesis a través de variaciones en los módulos biomecánicos obtenidos de huesos expuestos a cargas (Fioretti, et al., 2018; Natali, et al., 2019; Moine, et al., 2020). Las alteraciones del aparato locomotor producen un grupo de enfermedades frecuentes dentro de la clínica equina (Corvalán, 2006). En las últimas décadas esta frecuencia de presentación se ha visto considerablemente aumentada con el uso del caballo como animal de deporte y de trabajo, estos usos exigen sobre-esfuerzo del aparato locomotor (Rivero, 2014). Se requiere del adecuado desarrollo del aparato locomotor en caballos tanto de competición como de trabajo (Bigot, et al., 1996; Corvalán, 2006). Las enfermedades relacionadas con el sistema músculo-esquelético representan la causa más común de incapacidad física y afectan a cientos de equinos. El estudio morfológico del tejido óseo refleja la importancia de aportar conocimientos para este problema. El miembro torácico soporta gran parte del peso del animal en el apoyo (Agüera y Sandoval, 1999; Ashdown y Done, 2012). A su vez, la falange proximal de la mano soporta elevada carga entre los huesos del miembro torácico, posee las características de un hueso largo y por fundamentos anatómicos y biomecánicos está expuesta a injurias (Barone, 1995). El hueso contrarresta las cargas mediante adaptaciones en su geometría y está diseñado para resistir fuerzas de manera repetitiva de distinta intensidad, sin sufrir cambios en su estructura y funcionamiento (Fioretti, et al., 2013; Moine et al., 2020). Sin embargo, cada tejido tiene una capacidad de resistencia determinada que depende de su composición, ubicación anatómica y función (Southwood y Mclwaith, 2000). Las fracturas de la falange proximal se producen con frecuencia y se clasifican en dos grandes grupos: conminutas y no conminutas (Stashak, 2004). La causa podría ser una combinación de compresión longitudinal junto con la rotación de lateral a medial asincrónica de la falange proximal, o por torsión en relación con el metacarpo o metatarso (Adams, 2003; Adams, 2004). Las fracturas de la falange proximal ocurren en diferentes partes del hueso dependiendo del tipo de estrés aplicado. Los tipos de fracturas más comunes son las fracturas "chip" (astilla) en la superficie dorsal proximal y en espiral o longitudinales del cuerpo (Thrall, 1986). Varios autores han realizado estudio de las propiedades morfológicas del tejido óseo del metacarpiano III de equinos, durante los primeros 5 años de vida y observaron que, a un incremento de área total, lo acompaña un incremento mayor de área cortical que de área medular (Moine et al., 2001; Galán et al., 2002 y Moine et al., 2015). Otros autores también encontraron que el área cortical aumenta claramente entre 1 y 5 años de edad al igual que el área total (Nunamaker et al., 1989; Moine, et al., 2015). El área total aumenta principalmente a expensas del crecimiento del área cortical, el aumento de la corteza se puede atribuir a la adaptación de las cargas de tensión y compresión. Además, en estudios morfométricos realizados sobre huesos de perro, se observó que las variables sexo y edad influyen en el área cortical (Natali et al., 2008; Fioretti et al., 2013 y Fioretti et al., 2018). También se estudiaron las falanges proximales y se observó que, a mayor peso de las mismas, mayor es el tamaño de su área cortical (Natali et al., 2019; Moi-

ne et al., 2020). Actualmente una herramienta de gran utilidad es la técnica de Emisión Acústica (EA), la cual es una técnica no destructiva comúnmente usada para detectar y localizar fallas en estructuras y componentes cargados mecánicamente. Esta técnica se basa en la detección de ondas elásticas producidas por la aparición o crecimiento de un defecto en el material y la conversión de éstas a señales eléctricas, las cuales se digitalizan y almacenan para su posterior análisis a través de parámetros característicos (Hellier, 2003; Shakya, et al. 2019). Algunos autores han estudiado, con dicha técnica, al cartílago articular de equinos in vitro y han propuesto un nuevo enfoque alternativo para evaluar su potencial en el diagnóstico de osteoartritis del nudo; con el fin de evaluar cómo cambian las señales de Emisión Acústica con el aumento de la gravedad de la enfermedad (Strantza et al., 2015). Se presenta actualmente poca información sobre las características biomecánicas de la falange proximal del dedo de la mano de caballo ante ensayos de flexión en tres puntos y los eventos de Emisión Acústica que aparecen cuando dicho hueso es sometido a carga. Desde la clínica veterinaria se plantean interrogantes sobre su comportamiento biomecánico. En respuestas a ello, se utilizó un modelo experimental para cuantificar las características mecánicas del hueso. Los objetivos fueron aportar conocimientos biomecánicos de la falange proximal de equinos mestizos criollos aplicables a la clínica animal y determinar las características mecánicas dinámicas en relación con la aparición de eventos de Emisión Acústica de la falange proximal del dedo de la mano del caballo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron las falanges proximales de 10 caballos mestizos criollos. Se dividió a los animales en dos grupos etarios: G1: (18 meses-2 años), G2: (2-5 años); la edad se determinó por cronometría dentaria. Las muestras se obtuvieron del frigorífico General Pico (Las Higueras, provincia de Córdoba) y se conservaron congeladas a -20º C hasta su procesamiento. Luego, por disección, se liberaron los huesos de los tejidos blandos que los rodeaban. A la falange proximal derecha se le practicó una osteotomía transversal en la parte media de la diáfisis del hueso y se midió en la superficie de sección: espesor cortical, área cortical y área medular (con calibrador milimétrico, escala 0,02 mm). Con la finalidad de lograr los objetivos planteados, la falange proximal izquierda fue situada en una máguina universal de ensayos marca Amsler, modelo 6PZD 1406, sometiéndola a un esfuerzo de flexión en tres puntos, simulando así una condición a la que puede estar expuesto in vivo. En la figura 1 se muestra dicho hueso, con la disposición experimental de flexión en

la máquina universal de ensayos. Se observa que en el soporte inferior se han colocado dos sensores de Emisión Acústica, uno de los cuales está conectado a un pre-amplificador. Se procedió a la realización de los ensayos de flexión en tres puntos y al mismo tiempo, la recolección de datos con el equipo de Emisión Acústica



Figura 1. Montaje de la falange proximal en la máquina de ensayos, junto con sensores de Emisión Acústica (indicados con flechas).

Se realizó un análisis estadístico descriptivo, de correlación, regresión y varianza ($p \le 0,05$), utilizando el paquete estadístico InfoStat (2009), bajo licencia de la FCA de la UNC, Argentina.

Obtención de señales de Emisión Acústica

Para este estudio se utilizaron dos sensores comerciales de EA, los modelos R15I y WDI de Physical Acoustics Corporation. Los sensores fueron anclados a la máquina de ensayos utilizando cera sintética para asegurar una fijación adecuada y fueron conectados a un sistema de adquisición de datos para Emisión Acústica marca Physical Acoustics Corporation, modelo "PCI-2 Based AE System". Se logró registrar el número de eventos, sus amplitudes y el número de ondas de cada evento. Las ondas elásticas generadas cuando la muestra reacciona a los efectos de disminuir su energía interna, viajan como señales acústicas en todas las direcciones y pueden detectarse por los sensores instalados, los cuales convierten las ondas acústicas en tensión eléctrica de baja amplitud.

Procesamiento de señales de Emisión Acústica

Las señales de Emisión Acústica obtenidas se procesaron con el software "AEWIN", que almacena los datos en forma digital, en función del tiempo. El sistema provee información sobre amplitud de hit y número de ondas por evento. Cada evento se define cuando se cumplen las condiciones de superar el umbral de tensión establecido, y un tiempo muerto fijo (por ejemplo, el tiempo transcurrido sin superar el umbral de tensión, con el cual se evita la medición de reflexiones y ondas de arribo tardío, mientras que el cruce de umbral próximo define el comienzo de un nuevo evento). De esta manera cada vez que la señal de Emisión Acústica excede el umbral de tensión, se registra un evento, y el siguiente evento será registrado si dentro de la duración del hit establecido y del tiempo de rearmado del sistema de adquisición no hay otro cruce de umbral.

RESULTADOS

Los esfuerzos a los que fueron sometidas las falanges se registraron por la máquina universal de ensayos y se monitorearon los eventos de Emisión Acústica producidos por la carga. En la figura 2 se puede observar la curva de ensayo esfuerzo/deformación, que arroja la máquina universal de ensayos, por la flexión en tres puntos de la falange proximal del dedo de la mano del caballo y la curva de cantidad de hits de Emisión Acústica de un canal, en función del tiempo (actividad de Emisión Acústica producida por la carga). Se tomó un solo canal, puesto que ambos indicaron la misma información de hits. Dicha figura presenta los resultados de la muestra N° 6: falange proximal izquierda de animal macho de 2 años y del grupo G1. La fuerza máxima soportada por el hueso fue de 17,74 kN y los eventos de Emisión Acústica (hits) máximos detectados fueron 182.

El análisis de correlación para las variables área total vs. fuerza máxima (r= 0.88) muestra que hay asociación entre dichas variables a nivel poblacional, trabajando con un nivel de significación de p < 0,05. El análisis de regresión lineal de las variables fuerza máxima vs. área total del hueso, los coeficientes de regresión con sus estadísticos asociados y el análisis de la varianza se muestran en las tablas: 1, 2 y 3, respectivamente. Las variables área total y fuerza están correlacionadas positivamente (r= 0,88, p=0,0026) podemos observar que el 88 % de la fuerza está explicada por el área total del hueso.





Tabla 1. Análisis de regresión para las variables fuerza máxima vs. área total. Coeficientede determinación (n=10).

Variable	n	R²	
Fuerza Máxima	10	0,88	

Tabla 2. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados para la variable área total (n=10).

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)) Т	p-valor	CpMallows	VIF
const	3,11	1,28	0,16	6,05	2,43	0,0410		
Area T	0,03	0,01	0,02	0,05	4,31	0,0026	17,60	1,00

Tabla 3. Análisis de la varianza para la variable área total (n=10).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,68	1	3,68	18 , 55	0,0026
Area Totalcm ²	3,68	1	3,68	18,55	0,0026
Error	1,59	8	0,20		
Total	5,26	9			



Figura 3. Gráfico de Barras para fuerza máxima (kN) vs. edad (n= 10).



Figura 4. Estado final de la falange proximal y sitios de rotura.

En el Gráfico de Barras de la figura 3 se muestran los resultados de la fuerza máxima que resiste la falange proximal en los diferentes grupos etarios. Se observa mayor fuerza máxima en los animales de dos a cinco años (G2) respecto a los animales de dieciocho meses a dos años (G1).

Respecto al estado del hueso durante la evolución del experimento se logró determinar que la fractura comienza donde las laminillas óseas están sometidas a mayor tracción. La línea de propagación, en la mayoría de los ensayos, produjo una fractura transversal diafisaria con dos fragmentos (figura 4). En algunas muestras, apareció un tercer fragmento en cuña.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Para cumplir su función, los miembros están constituidos por sólidos radios óseos, debidamente articulados y con disposiciones angulares compensadas, por lo cual el miembro torácico soporta gran parte del peso y tiene como principal función la transmisión de fuerzas en ambos sentidos (Agüera y Sandoval, 1999). En coincidencia con Natali, et al., (2019) y Moine et al., (2020), las propiedades morfométricas de la falange proximal del dedo de la mano del caballo están íntimamente relacionadas con las propiedades biomecánicas y estructurales del hueso. El hueso contrarresta las cargas mediante adaptaciones en su geometría que involucra una actividad continua y coordinada de construcción y destrucción (Barone, 1995; Audisio, et al., 2014; Fioretti, et al., 2018). Tanto los tejidos blandos como el tejido óseo están diseñados para resistir fuerzas

de manera repetitiva de distinta intensidad, sin sufrir cambios en su estructura y funcionamiento. Sin embargo, cada tejido tiene una capacidad de resistencia determinada que depende de su composición, ubicación anatómica y función (Southwood y Mclwaith, 2000, Moine, *et al*, 2015; Fioretti, *et al.*, 2018). La morfología del hueso tiene mucha importancia en la resistencia a la fractura de los mismos (Natali *et al.*, 2008; Moine, *et al.*, 2001). En este trabajo los resultados indican que la fuerza máxima depende linealmente del área total del hueso (R²= 0,88, *p*=0,0026), por lo cual a medida que aumenta el área total aumenta la fuerza de la falange proximal.

La fuerza máxima promedio de resistencia de las falanges proximales fue de 28,09 kN, con rangos entre 15,62 kN y 43,88 kN. Al examinar los resultados de Emisión Acústica y las curvas obtenidas por la máguina universal de ensayos aparecen eventos de Emisión Acústica que pueden ser detectados y acompañan gradualmente al aumento de la fuerza que va soportando el hueso. Dichos eventos fueron generados por un estado tensional interno, el cual a su vez se originó por la carga externa aplicada en una configuración de compresión. El número de eventos crece, conforme crece la aplicación de la carga. Otros autores determinaron también que la actividad de emisión acústica puede mostrar el punto de inicio de la microfisuración así como su desarrollo; además los parámetros de Emisión Acústica como la frecuencia y el tiempo de subida exhiben fuertes cambios con el aumento de la carga, lo que muestra que los mecanismos de fractura no son estables (Strantza et al., 2015). Analizando con detalle la curva mostrada en la figura 2, puede apreciarse que los eventos de Emisión Acústica comienzan a aparecer a pequeñas deformaciones, coincidiendo con un pequeño cambio en el valor del esfuerzo aplicado en ese momento. Los demás eventos de Emisión Acústica, también aparecen en puntos donde varía el esfuerzo en forma momentánea, indicando la aparición o propagación de fisuras en el hueso. En el momento de la rotura máxima, es donde se produce la mayor concentración de eventos de Emisión Acústica, con un aumento notable de los mismos.

Los miembros torácicos del caballo son importantes tanto en el equilibrio como en la actividad locomotora. Han sido ensayadas, a flexión en tres puntos, muestras de falanges proximales del dedo de la mano del caballo y simultáneamente se ha registrado la actividad de Emisión Acústica que dichos huesos generaban. Se encontró un importante número de eventos previo al colapso óseo. Se comprueba la importancia de la utilización de la Emisión Acústica, puesto que dicha técnica permite determinar la existencia de eventos tempranos que podrían detectarse incluso antes de que el hueso llegue a una fractura. En trabajos futuros, se podrían instalar sensores de Emisión Acústica para determinar las señales emitidas y chequear esfuerzos en otros huesos o materiales anatómicos. Se encontró una fuerte asociación entre la fuerza que soportaba cada falange proximal respecto a la potencia de las señales de Emisión Acústica (EA) analizadas en el rango de 1,5 a 6 kHz. La relación entre las propiedades estructurales, materiales y biomecánicas del hueso explica su comportamiento al ser sometido a constantes cargas fisiológicas; además, identifica las áreas más susceptibles a las fracturas y permite predecir los efectos de distintas patologías y de los tratamientos de las mismas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, O.R., Bramlage, L.R., Honnas, C.M., Markel, M.D., Richardson, D.W., Nunamaker, D.M., Sigafoos, R.D., Nixon, A.J., (2003). Adams: Claudicación en el caballo. Quinta edición, pp. 811-815. Buenos Aires, Argentina: Intermedica.

Adams O.R., 2004. Adams: Lameness in horses. 3rd ed. Philadelphia, Estados Unidos: Lea and Febiger.

Agüera, E.J. Sandoval. (1999). Anatomía Aplicada del Caballo. Harcourt Brace, España.

Ashdown, R.R., Done, S.H., (2012). Atlas en color de anatomía veterinaria. El caballo. Segunda edición. Barcelona, España: Elsevier.

Audisio, S., Vaquero, P, Torres, P., Verna, E., Merlassino, J., Ocampo, L. (2014). Biomecánica de la Locomoción del Caballo. UNLPam. ISBN:978-950-863-203-6. 1-197.

Barone, R. (1995). Anatomía comparada de los mamíferos domésticos. Vol. 1. Osteología. Bologna, Italia: Edagricole.

Bigot, G., Boudizi, A., Rumelhart, C., Martin-Rosset, W. (1996). Evolution during growth of the mechanical properties of the cortical bone in equine cannon-bones. Med. Eng. Phys. 18(1).79-87.

Corvalán, C. (2006). Breve repaso sobre las enfermedades más frecuentes del aparato locomotor, en el caballo pura sangre inglés de carrera (PSI). Rev. del colegio de Veterinarios de la Prov. de Bs. As., 11(35):54-58.

Fioretti, C., Galán, A., Moine, R., Varela, M., Varela, P., Mouguelar, H., Gigena, S., Bonino, F., Quinteros, R., Natali, J. (2013). Características Mecánicas Dinámicas de la Tibia Aislada de Perro Sometida a Prueba de Impacto. Int. J. Morphol. Chile. ISSN 0717 – 9502. 31 (2). 562-569.

Fioretti, R., Moine, R., Varela, M., Varela, P., Galán, A., Gigena, S., Mouguelar, H., Gonzalez Sanchez, S., Natali, J. (2018). Densidad mineral ósea y resistencia ante la prueba de compresión en la mitad de la diáfisis del hueso fémur de perro". Ab Intus. ISSN 1234-5678. Vol. 1, (1).43-52.

Galán, A., Rivera, C., Moine, R., Ferraris, G., Gigena, S., Natali, J. (2002). Propiedades morfométricas del metacarpiano III de potrillos mestizos. Revista chilena de Anatomía. Chile. ISSN 0716 – 9868. 20(3).285-290.

Hellier, C.J. (2003). Handbook of nondestructive evaluation. Chapter 10 Acoustic Emission Testing. McGraw-Hill, USA: 10.1-10.39.

Moine, R., Fioretti, R., Galan, A., Gigena, S., Salvi, M., Audap Soubie, R., Varela, P., Varela, M., Gonzalez Sanchez, S., Natali J. (2020). Propiedades estructurales y resistencia a la flexión en tres puntos en la parte media de la diáfisis de la falange proximal de la mano del caballo. Ab Intus. 56-62. ISSN 2618-2734. Vol. 6, (3).47-56. Moine, R., Galán, M., Vivas, A., Fioretti, C., Varela, M., Bonino, F., Quinteros, A., Natali, J. (2015). Propiedades Morfológicas en la Parte Media de la Diáfisis del Hueso Metacarpiano III de Equino Mestizo Criollo. Int. J. Morphol. Chile. ISSN 0717 – 9502. 33 (3).955-961.

Moine, R., Rivera, C., Vivas, A., Ferraris, G., Galán, A., Natali, J. (2001). Morfometría y determinación de calcio y fósforo en la parte media de la diáfisis del metacarpiano III en yeguas mestiza con criollo. Arch. Med. Vet. Chile. ISSN 0301 – 732X. XXXIII, N° 1.63 – 68.

Natali, J., Fioretti, R., Moine, R., Gigena, S., Mouguelar, H., Varela, M., Varela, P., Gonzalez Sanchez, S., Quinteros, R., Galán, A. (2019). Morfología y comportamiento biomecánico de la falange proximal de la mano del caballo mestizo criollo. Ab Intus. 56-62. ISSN 2618-2734. Vol. 3, (2).43-52.

Natali, J., Wheeler, J.T., Kohl, R., Varela, P. (2008). Comparación de las Características Mecánicas Estáticas del Fémur Aislado de Perro, con y sin la Colocación de una Placa de Ortopedia Fabricada en polipropileno. Int. J. Morphol. Chile. ISSN 0717 – 9502. 26(4). 791-797.

Nunamaker, D., Butterwerck, D., Provost, M. (1989). Some geometric of third metacarpal bone: a comparision between the thoroughbred and standard bredrace horces. Journal of Veterinary Research, 22(2).129-134.

Rivero, L. (2014). Síndrome de fatiga y sobreesfuerzo en caballos. Sitio Argentino de Producción Animal.1-3.

Shakya, B. R.; Tiulpin, A.; Saarakkala, S. Turunen, S.; Thevenot, J. (2019). Detection of experimental cartilage damage with acoustic emissions technique: An in vitro equine study. Equine Veterinary Journal ISSN 0425-1644.1-6.

Southwood, L., Mclwaith, C. (2000). Arthroscopic removal of abaxial fracture fragments involving a portion of the base of the proximal sesamoid bone in horses. J. Am. Vet. Med. Assoc. 217(2).236-240.

Stashak, T. S. (2004). Adams: Lameness in horses. Quinta edición. Bs. As., Argentina: Intermédica. 135, 312, 613, 695. Strantza, M., Polyzos, D., Louis, O., Boulpaep, F., Van Hemelrijck, D., Aggelis, D.G. (2015). Damage characterization on human femur bone by means of ultrasonics and acoustic emission. J. Phys.: Conf. Ser. 628 012016 doi:10.1088/1742-6596/628/1/0.

Thrall, D. E. (1986). Manual de diagnóstico radiológico veterinario. Cuarta edición. Bs. As., Argentina: Intermédica.