



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Mediciones radiológicas del casco en caballos Pura Raza Español (PRE) con relevancia en el diagnóstico de laminitis.

Radiological measurements with relevance in the diagnosis of laminitis in the hoof of Pura Raza Español (PRE) horses.

Autor/es

Ainhoa García de Acilu Martínez

Director/es

Francisco José Vázquez Bringas

Arantza Vitoria Moraiz

Facultad de Veterinaria

2021

ÍNDICE

1.	RESUMEN / ABSTRACT	2
2.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.1.	Recuerdo anatómico de las estructuras del casco del caballo.....	4
2.1.1.	Caja o estuche córneo.....	4
2.1.2.	Corion.....	6
2.1.3.	Estructuras internas de la región anatómica del casco.....	6
2.2.	Recuerdo anatomía radiológica	7
2.3.	Laminitis	8
2.3.1.	Etiopatogenia	8
2.3.2.	Formas de presentación.....	9
2.3.3.	Laminitis crónica.....	10
2.3.4.	Diagnóstico radiológico de la laminitis crónica	13
3.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	15
4.	METODOLOGÍA.....	16
4.1.	Materiales y métodos del estudio.....	16
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
5.1.	Distancias entre la pared dorsal del casco y el tejuelo y angulación de la cara dorsal del casco y el tejuelo con respecto al suelo	19
5.2.	Distancias de la superficie solar de la tercera falange a la suela y ángulo palmar	24
5.3.	Distancia entre la corona y la apófisis extensora.....	26
5.4.	Limitaciones del estudio y expectativas de futuro.....	26
6.	CONCLUSIONES / CONCLUSIONS	27
7.	VALORACIÓN PERSONAL.....	28
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	29

1. RESUMEN / ABSTRACT

La laminitis es una patología frecuente de pronóstico reservado que puede afectar a los équidos, dañando las láminas encargadas de mantener la tercera falange (P_{III}) unida al estuche córneo. Tras el proceso agudo de la enfermedad, si se produce la separación de la membrana basal del tejido laminar, se produce el desplazamiento de la falange distal respecto al casco. Se han descrito tres tipos de desplazamientos: rotación capsular y/o falángica dorsal, rotación mediolateral y hundimiento. El método de diagnóstico más eficaz con el fin de conocer el grado de cambio anatómico dentro del casco es la radiografía. Para realizar un diagnóstico y pronóstico en esta patología, como ocurre en el hundimiento, la bibliografía científica describe la morfometría radiológica del casco sano en caballos de distintas razas. Sin embargo, hasta el momento no se han publicado valores de esos parámetros radiográficos para el caballo Pura Raza Español (PRE). Debido a la posible variación racial de esos valores, el presente trabajo tiene como objetivo proporcionar al clínico datos de morfometría radiológica del casco del caballo PRE. Para ello, se realizó la medición de los 3 ángulos y 5 distancias más utilizados en la bibliografía, en radiografías lateromediales del casco de 21 caballos adultos PRE sin laminitis. Se observó que los ángulos de la superficie dorsal del caso y del tejuelo con a la superficie solar del casco (ángulos S y T) fueron de 49,1° y 47,9° respectivamente y el ángulo palmar (ángulo Pa); es decir, el ángulo formado por la superficie solar de la falange distal en relación con la suela del casco fue de 3,4°. En cuanto a las distancias que informan del grosos de la muralla dorsal, W-Tp y W-Td, fueron de 16,6 mm y 16,2 mm respectivamente y la distancia D, distancia entre la banda coronaria y la punta proximal de la apófisis extensora de la falange distal fue de 8,4 mm. Estas tres últimas variables serán de gran ayuda para el clínico a la hora de valorar al paciente con posible hundimiento. Por último, se obtuvieron las distancias P-Sd y P-Sp. Estas informan el grosos de la suela, aun así, no son muy fiables debido a la variabilidad de los resultados. Tras comparar los datos obtenidos con otros estudios, se debe recalcar que estos pueden variar según la raza, debido a la altura a la cruz del animal en una misma raza, al tipo de herraje o recorte de cascos, a la metodología individual utilizada por cada operador e incluso variar de una extremidad a otra en un mismo individuo. En adición, con el fin de diagnosticar la laminitis crónica en el PRE, existe la posibilidad de basarse en parámetros obtenidos en estudios de otras razas de sangre caliente debido a la similitud en los resultados. Por último, se debe estar pendiente de nuevas evidencias que puedan publicarse sobre este tema, ya que el presente estudio presenta ciertas limitaciones.

Laminitis is a common pathology with a cautious prognosis that can affect equids, damaging the laminae responsible for keeping the third phalanx (P3) attached to the hoof. After the acute disease process, if separation of the basement membrane from the lamellar tissue occurs, displacement of the distal phalanx relative to the hoof happens. Three types of displacements have been described: capsular and/or dorsal phalangeal rotation, mediolateral rotation and sinking. The most effective diagnostic method to determine the degree of anatomical change within the hoof is radiography. To make a diagnosis and prognosis in this pathology, as in the case of sinking, the scientific literature describes the radiological morphometry of the healthy hoof in horses of different breeds. However, to date, no values for these radiographic parameters have been published for the Pura Raza Español (PRE) horse. Due to the possible racial variation of these values, the present work aims to provide the clinician with data on radiological morphometry of the hoof of the PRE horse. For this purpose, the 3 angles and 5 distances most commonly used in the literature were measured in lateromedial radiographs of the hoof of 21 adult PRE horses without laminitis. It was observed that the angles of the dorsal surface of the hoof and the coffin bone to the solar surface of the hoof (S and T angles) were 49.1° and 47.9° respectively and the palmar angle (Pa angle), that is, the angle formed by the solar surface of the distal phalanx in relation to the sole of the hoof was 3.4°. As for the distances reporting the thickness of the dorsal wall, W-Tp and W-Td, they were 16.6 mm and 16.2 mm respectively and the distance D, the distance between the coronary band and the proximal aspect of the extensor process of the distal phalanx, was 8.4 mm. These last three variables will be of great help to the clinician when assessing a patient with possible hollow. Finally, P-Sd and P-Sp distances were obtained. These inform about the sole's thickness; however, they are not very reliable due to the variability of the results. After comparing the data obtained with other studies, it should be emphasised that these may vary according to the breed. This can be due to the height at the withers of the animal in the same breed, the type of shoeing or hoof trimming, the individual methodology used by each operator and even the variation from one limb to another in the same individual. In addition, in order to diagnose chronic laminitis in the PRE, it is possible to rely on parameters obtained in studies of other hot-blooded breeds due to the similarity of the results. Finally, further evidence on this topic should be awaited, as the present study has certain limitations.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Recuerdo anatómico de las estructuras del casco del caballo

Es de gran importancia clínica poseer un conocimiento general y exhaustivo de la anatomía del caballo debido a que actualmente, el diagnóstico por imagen constituye una parte fundamental del examen clínico de los caballos (Denoix, 2001). Además, la existencia de modalidades clínicas tales como exámenes pre-compra, diagnóstico de cojeras, anestias diagnósticas o cirugías en estos animales, requieren del apoyo de la anatomía para su interpretación.

Es probable que no exista un dicho más cierto, “sin casco no hay caballo”. Desde el punto de vista mecánico, el casco del caballo debe percibirse como una estructura en la que todos los componentes están interconectados anatómicamente y funcionan como una unidad integrada (Pollitt, 2004b, 2010).

La región anatómica correspondiente al casco del caballo está compuesto a gran escala por una caja o estuche córneo y el esqueleto. Estas estructuras están unidas entre sí por un aparato suspensor resistente pero flexible (Kainer, 1989; Pollitt, 1998, 2008).

2.1.1. Caja o estuche córneo

El estuche corneo cubre la tercera falange (P3) en su totalidad (dorsal, palmar, lateral, medial y distal). La pared está formada por las lumbres (dorsal), los cuartos (laterales y mediales) y los talones (palmar /plantar) y crece desde la corona o banda coronaria (Figura 1). La porción más distal que no es visible cuando el animal se encuentra en estación se denomina suela. Posee estructuras anatómicas tales como los bulbos de los talones, la ranilla, los surcos central y laterales de la ranilla, la punta de la ranilla, las barras, el cuerpo de la suela y la línea blanca (Figura 2) (Estrada, 2014).



Figura 1. Vista lateral del estuche córneo: 1) Banda coronaria 2) Pared 3) Lumbres 4) Cuartos 5) Talones y 6) Cuartilla (Estrada, 2014).

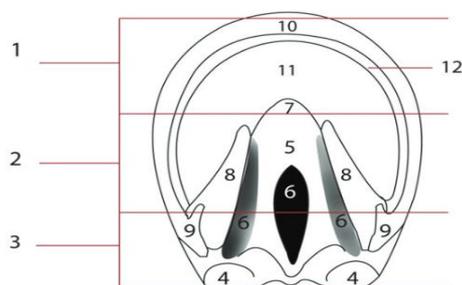


Figura 2. Vista palmar del estuche córneo: 4) Bulbos de los talones, 5) Ranilla 6) Surcos central y laterales de la ranilla, 7) Punta de la ranilla, 8) Barras, 9) Ángulo de las barras, 10) Pared, 11) Cuerpo de la suela 12) Línea blanca (Estrada, 2014).

Microscópicamente, se observa que el estuche córneo está compuesto por unas células llamadas queratinocitos que nacen en el corion. Estas se queratinizan en forma de tejido tubular/intertubular y se encargan de regenerar continuamente el estuche córneo para reemplazar el casco perdido por el desgaste con la superficie del suelo. El mismo proceso ocurre en la suela y en la ranilla (Pollitt, 2008, 2010; Loving, 2010). Los queratinocitos maduros intertubulares están colocados espacialmente de manera perpendicular a los túbulos paralelos con el objetivo de proporcionar rigidez frente a las fuerzas de choque que se transmiten hacia arriba por la muralla del casco (Loving, 2010).

La muralla del casco se divide a su vez en tres estratos con distintas características y funciones: el estrato externo, medio e interno (Denoix, 2001). El porcentaje tejido tubular/intertubular queratinizado que presenta cada uno parece ser un mecanismo de transferencia de energía suave; desde la pared exterior rígida (alta densidad tubular) a la pared interior más elástica (baja densidad tubular) (Pollitt, 2004b).

Por lo tanto, el estrato externo, al contener una mayor proporción de túbulos y menor porcentaje de agua (Steven, 1981; Pollitt, 1998), tiene como función ofrecer una protección de las estructuras alojadas en el interior, actuando así como una barrera de choque (Pollitt, 2008). Además, los estratos más internos, al poseer mayor porcentaje de tejido córneo intertubular que tubular y un contenido relativamente alto de agua, confieren una gran resistencia a las grietas y permite a la pared interior expandirse.

Por último, la pared del casco también tiene una potente función amortiguadora de las vibraciones que se generan cuando entra en contacto con el suelo durante la locomoción. Es capaz de reducir la frecuencia y amplitud máxima de las vibraciones. Cuando estas llegan a la PIII, alrededor del 90% de la energía se ha disipado (Pollitt, 2004b, 2008).

Por otro lado, la cara interna del estrato interno está revestida por unas 600 láminas epidérmicas primarias (PEL) que se interdigitan con las láminas dérmicas primarias (PDL) presentes en el corion. Las PEL a su vez se ramifican en láminas epidérmicas secundarias (SEL) que también se interdigitan con las láminas dérmicas secundarias (SDL) con el fin de aumentar la superficie de unión entre ellas (Pollitt, 1998). Las láminas se unen a través de la membrana basal con el objetivo de suspender el tejuelo dentro de la capsula del casco (*Figura 3*) (Davies, Philip and Merritt, 2007).

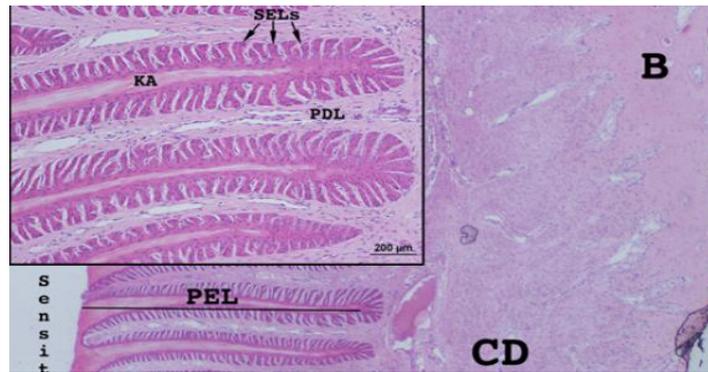


Figura 3. Corte histológico (H-E) en el que se observan la dermis coronaria (CD), PIII (B), las láminas epidérmicas primarias (PEL) y las láminas epidérmicas secundarias (SEL), las láminas dérmicas primarias (PDL) y las láminas dérmicas secundarias (Engiles, 2010).

2.1.2. Corion

Como se ha mencionado en el apartado anterior, las láminas epidérmicas se interdigitan con el corion o dermis laminar (Figura 3). La dermis laminar es un tejido conectivo altamente especializado que contiene vasos sanguíneos (arteriolas, vénulas, anastomosis arteriovenosas y capilares) y nervios que nutren las láminas epidérmicas. Además, las fibras de colágeno de tipo I del corion interno se insertan directamente en la corteza externa de la falange distal, que carece de un "verdadero" periostio (Engiles, 2010; Loving, 2010). Cabe añadir que esta capa también aporta nutrientes y origina el material la pared, suela y ranilla (Davies, Philip and Merritt, 2007).

2.1.3. Estructuras internas de la región anatómica del casco

En el interior del estuche córneo se encuentran tres estructuras óseas: la tercera falange o tejuelo, parte de la porción distal de la segunda falange o corona y el hueso navicular o sesamoideo distal (COLLES, 1983). Con el fin de dar soporte básico y permitir el movimiento fisiológico del dígito, están presentes fundamentalmente una serie de estructuras del tejido conectivo tales como tendones: tendón flexor digital profundo y tendón extensor digital común/largo; ligamentos: ligamentos colaterales (lateral y medial), ligamento distal impar y ligamento suspensor del hueso navicular y otros componentes esenciales como la bursa del hueso navicular, estructuras cartilaginosas, vainas articulares y la almohadilla digital (Davies, Philip and Merritt, 2007).

En pocas palabras, podemos decir que los corneocitos de la pared del casco están unidos entre sí por la matriz extracelular o los desmosomas. Del mismo modo, la epidermis está firmemente unida a la membrana basal, que a su vez está unida a los componentes de colágeno de la dermis

coronaria. Este colágeno dérmico está firmemente unido a superficie parietal de la falange distal, completando así la unión estructural de la pared a la PIII (Hood, 1999b).

En definitiva, sin la acción sinérgica de todas las estructuras que lo componen, no tendrá importancia lo bien entrenado, atlético y en forma que esté el animal, que no será capaz de desarrollar completamente su potencial (Loving, 2010).

2.2. Recuerdo anatomía radiológica

Las herramientas de diagnóstico por imagen nos han permitido comprender mejor la anatomía interna de las estructuras que componen la región del casco equino. Las imágenes fotográficas y la disección post-mortem de la extremidad han proporcionado información valiosa para el estudio del casco. Aun así, son técnicas con numerosas limitaciones. Al contrario, la resonancia magnética permite una caracterización precisa de las lesiones óseas y de los tejidos blandos, y la capacidad de realizar análisis tridimensionales del casco in vivo (Faramarzi *et al.*, 2018).

Por otro lado, y de interés en este trabajo, se encuentra la técnica radiológica. Esta última, aunque esté limitada a imágenes 2D y de información limitada de tejidos blandos, es muy utilizada hoy en día al estudiar la anatomía ósea del casco.

Según la estructura que se quiera estudiar dentro del casco se pueden realizar distintas proyecciones radiológicas (Weaver and Barakzai, 2009):

- **Dorsopalmar o frontal.** Mediante esta proyección se observa el hueso navicular superpuesto a la articulación interfalangiana distal y la primera, segunda y tercera falange. Indicada para evaluar los desequilibrios lateromediales del casco en el desplazamiento mediolateral de la laminitis crónica.
- **Dorsoproximal – palmarodistal oblicua 90° del tejuelo.** Mediante esta proyección se valora principalmente el borde la PIII. También se observa el hueso navicular y la segunda falange.
- **Dorsoproximal – palmarodistal oblicua 60° del hueso navicular.** Se obtiene una vista más definida del borde proximal del hueso navicular.
- **Palmaroproximal-palmarodistal oblicua o “Sky-line”.** Esta vista define la superficie flexora, la corteza palmar y la médula del hueso navicular. Ayuda a apreciar cambios sutiles que no pueden verse en las vistas lateromedial o dorsoproximal – palmarodistal oblicua.
- **Dorsolateral-palmaromedial oblicua 45° y dorsomedial-palmarolateral oblicua 45°**
Estas proyecciones permiten evaluar las apófisis laterales (D45°L-PaMO) y mediales (D45°M-PaLO) de las apófisis palmares del tejuelo.

- **Lateromedial.** Mediante esta proyección se observa de manera clara la primera, segunda y la porción distal de la tercera falange y el hueso navicular. Además, permite analizar la posición de PIII respecto al casco.

El conocimiento de la anatomía radiológica de un casco sano, permite realizar el diagnóstico de los cambios patológicos. Por ejemplo, luxaciones o subluxaciones de la articulación interfalangeana distal, desviación del eje podofalangiano, fracturas, síndrome piramidal, osificación de los cartílagos alares, cuerpos extraños penetrantes, osteomielitis, osteoartritis y la laminitis (Farrow, 2006).

En cuanto a la laminitis crónica, patología de relevancia en este estudio, una única vista lateromedial del casco es suficiente para confirmar los dos tipos de desplazamiento que se presentan más comúnmente; es decir, la rotación capsular y/o falángica dorsal o el desplazamiento distal de la PIII. Por lo tanto, como se ha demostrado, la proyección lateromedial representa el "patrón de oro" para el diagnóstico del cambio anatómico causado en la laminitis crónica (Vosugh, Nazem and Hooshmand, 2017).

2.3. Laminitis

El término laminitis significa "inflamación o isquemia idiopática de las estructuras submurales del casco" (Eustace, 2010). Se trata de una patología grave con pronóstico reservado desde el inicio del cuadro en la que se produce por una degeneración de las conexiones entre las células basales de las láminas epidérmicas primarias y secundarias y la membrana basal (Godoy and García, 2011; Constable *et al.*, 2016). Como consecuencia la falange distal se desprende de las láminas del interior del casco y se producen cambios patológicos en la anatomía del casco causando un dolor incapacitante y una cojera característica en el animal (Pollitt, 2008).

2.3.1. Etiopatogenia

La patogénesis de la laminitis es compleja y en la mayoría de los casos es la consecuencia de una enfermedad sistémica primaria que se expresa en el casco (Constable *et al.*, 2016). Las causas primarias a menudo son multifactoriales debido a problemas presentes en distintos sistemas corporales. Suelen ser afecciones gastrointestinales (colitis, sobrecarga de carbohidratos/disbiosis intestinal, ingestión de gran cantidad de pastos), reproductivas (metritis, retención de placenta), respiratorias, cardiovasculares, endocrinas (síndrome metabólico equino, hiperinsulinemia) y musculoesqueléticas (sobrecarga miembro contralateral). Además, la exposición a toxinas y la administración de corticosteroides pueden

inducir a esta patología (Engiles, 2010; Kaneps, 2013). Aunque se determine la causa, el resultado final suele ser un deterioro laminar similar (Hunt and Wharton, 2010).

2.3.2. Formas de presentación

La laminitis se divide en cuatro fases diferentes: desarrollo, aguda, subaguda y crónica (Hood, 1999a). Pollitt, en cambio, define las etapas de la laminitis en tres fases diferenciadas: fase de desarrollo o prodrómica, fase aguda y fase crónica (Pollitt, 2004a).

La primera etapa de la enfermedad, fase de desarrollo, precede a la aparición de signos clínicos (Hood, 1999a; Pollitt, 2004a). Su duración va a depender de la causa sistémica inicial que esté afectando al animal. Este periodo de tiempo puede durar de 8 hasta 40 horas dependiendo de la etiología. No obstante, a veces no se puede reconocer ninguna fase de desarrollo, ya que directamente salta a la fase aguda. En esta etapa es esencial controlar la causa inicial (Pollitt, 2004a).

La laminitis aguda abarca desde la aparición de los signos clínicos en la extremidad y la cojera al trote hasta que hay evidencia de desplazamiento de la falange distal dentro del estuche córneo, que en otras palabras, hasta que cambia a la fase crónica (Hood, 1999a; Pollitt, 2004a).

El término “laminitis aguda” se refiere a la inflamación de las láminas dérmicas (Marcato and Perillo, 2020). En este momento es cuando surge, desde el punto de vista ultraestructural, la disociación de la unión entre la célula basal de la lámina epidérmica secundaria y su membrana basal a partir de la escisión de los hemidesmosomas. Esta última estructura favorece la unión entre la célula basal de la lámina epidérmica secundaria y su membrana basa (Hunt, 2008). Distintos estudios coinciden en que los factores clave en la laminitis son la pérdida de la proteína del filamento de anclaje laminina-332 (Ln-332, una de las principales isoformas de laminina de la membrana basal epitelial) y la reducción numérica de los hemidesmosomas asociados a la laminina, los cuales conectan la membrana basal con las células epiteliales (French y Pollitt, 2004; Visser y Pollitt, 2011)

En resumen, desde una perspectiva clínica pragmática, parece que un agente endógeno destructivo (metaloproteasa u otros), la isquemia vascular o la sobrecarga mecánica del tejido provocan la separación de la membrana basal, la pérdida de la integridad estructural y la separación del tejuelo causada por la carga mecánica del dedo (Hunt, 2008; Collins *et al.*, 2010) Por otro lado, en ocasiones, la fase subaguda sigue a la fase aguda de la enfermedad si no ha habido desplazamiento. Estos caballos pueden mejorar progresivamente hasta que no haya ninguna evidencia clínica o morfológica de laminitis o sufrir un desplazamiento de la PIII (Hood, 1999a).

2.3.3. Laminitis crónica

Como se ha mencionado anteriormente, la laminitis crónica es una fase de la laminitis que comienza con la separación de las láminas dérmicas y epidérmicas que da lugar a un colapso mecánico del casco. En consecuencia, se produce un desplazamiento de la falange distal con respecto a su relación anatómica normal con la cápsula del casco.

El colapso mecánico puede ocurrir en cualquier punto alrededor de la circunferencia del casco. Debido a esto, la última falange puede presentar diversas formas de desplazamiento ya que este acontecimiento está relacionado con la distribución de la necrosis y posterior separación laminar alrededor de la circunferencia de la PIII y las tensiones que se ejercen tras la inestabilidad de la PIII (O'Grady, 2010). Por lo tanto, nos podemos encontrar ante los siguientes escenarios: la rotación capsular y/o falángica dorsal, desplazamiento distal o hundimiento y rotación mediolateral o desplazamiento distal asimétrico (*Figura 4*).

La rotación capsular y/o falángica dorsal de la PIII es la forma más común de desplazamiento. Puede ocurrir sola o combinarse con el hundimiento medial, lateral o vertical (O'Grady and Parks, 2008; Morrison, 2010). Según un estudio, de los caballos eutanasiados debido a la laminitis, se observó la rotación dorsal de la falange distal de la pared del casco en el 80% de los casos, el desplazamiento distal se observó en el 26%, y sólo el 1% sufrió desprendimiento de la cápsula del casco (Hunt and Wharton, 2010).

Respecto a la física causante del desplazamiento, la mayor tensión que sufren las láminas es la carga de peso (Eustace, 2010; O'Grady, 2010). Por ejemplo, la pérdida laminar circunferencial completa predispone al desplazamiento distal (hundimiento) de toda la PIII dentro de la cápsula del casco. Por el contrario, una alteración laminar en cualquiera de los cuartos hace que la falange distal se desplace asimétricamente dentro de la cápsula del casco generando un desplazamiento asimétrico distal. Cuando esta pérdida es mayor en la cara dorsal del casco, el resultado es la rotación capsular o falángica dorsal (O'Grady, 2010). También hemos de tener en cuenta en este último desplazamiento mencionado, que a la carga de peso se le superpone la tensión causada por tendón flexor digital profundo (TFDP) sobre la articulación interfalángica distal (O'Grady, 2010). Desde un punto de vista más visual, cuando el caballo carga la extremidad, el menudillo se desplaza hacia abajo, poniendo el TFDP bajo tensión. En este momento, el TFDP tracciona en dirección palmar/plantar desde su inserción ubicada en la región palmar de la PIII (Morrison, 2010). La contracción del músculo flexor digital profundo provoca así la separación de la superficie dorsal de la falange distal de la pared interna del casco y la flexión de la articulación interfalángica distal (Morrison, 2004; Eustace, 2010).

El pronóstico de la patología dependerá de distintas variables en las que se incluyen el estadio de la enfermedad, el número de extremidades afectadas, la presencia de otros problemas, la

causa iniciadora de la enfermedad y la gravedad del daño en la conformación del casco (Eustace, 2010; Hunt and Wharton, 2010; O'Grady, 2010). Hay que tener en cuenta que la fase crónica puede dividirse a su vez en animales crónicos compensados (estables) y animales crónicos no compensados (inestables). Un animal crónico compensado es aquel en el que la PIII se ha desplazado y luego se ha estabilizado hasta cierto punto. "Estabilizado" en la laminitis crónica significa que el hueso ya no se mueve y que el casco genera nuevo tejido en la suela y en la pared, aunque este crecimiento a menudo se ve frenado o distorsionado por la enfermedad (Morrison, 2010).

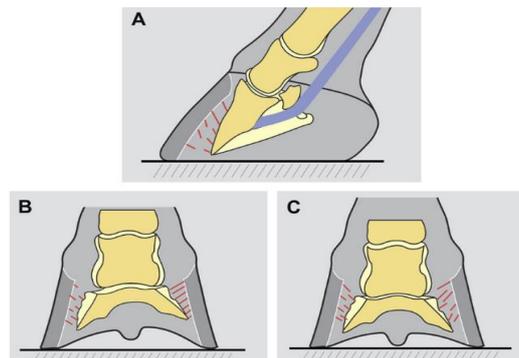


Figura 4. (A) Rotación de PIII (B) rotación mediolateral PIII y (C) desplazamiento distal o hundimiento de PIII (O'Grady, 2010)

2.3.3.1. Diagnóstico

En la mayoría de los casos el diagnóstico de la laminitis crónica rara vez es un reto porque la marcha, la postura y el aspecto del casco son característicos de la enfermedad, y un examen radiográfico suele confirmar el diagnóstico y pronóstico (Hunt and Wharton, 2010; O'Grady, 2010).

- Signos clínicos

La fase crónica de la enfermedad puede tener una duración indefinida y los signos clínicos presentan gran variabilidad. En el mejor de los casos se observa una cojera leve persistente que solamente requiere un mantenimiento rutinario de los cascos. En los casos más graves el animal puede manifestar desde un dolor en las extremidades severo y continuado, el aumento en número de la desintegración de las uniones laminares y un estado en decúbito prolongado hasta el desprendimiento del estuche córneo con la siguiente eutanasia humanitaria del animal (Pollitt, 2004a; Hunt and Wharton, 2010).

En la mayoría de los casos, la observación de la postura y la marcha son claros indicadores de la presencia de laminitis (O'Grady, 2010). Son características la cojera o reticencia a la deambulación, un aumento de la zancada en la marcha y la dificultad del animal al realizar un giro (Eustace, 2010; Marcato and Perillo, 2020). El animal suele tomar una postura típica con el fin de aliviar la carga en los miembros anteriores y redistribuirla a las extremidades posteriores (Hunt and Wharton, 2010). Aun así, es probable que se produzcan variaciones en esta postura debido a la presencia de dolor en las extremidades posteriores o a variaciones en la localización del dolor en las extremidades anteriores. Por ejemplo, un caballo que preferentemente carga su peso en los talones reduce la tensión en las láminas dorsales y la compresión de la suela debajo del margen dorsal de la falange distal. Del mismo modo, un caballo que cae sobre un lado de su extremidad, protege la pared o la suela contralateral (O'Grady, 2010).

En adición, dentro de los indicadores de cronicidad se debe valorar los siguientes signos clínicos. En primer lugar se debe palpar la banda coronaria (Pollitt, 2008; O'Grady, 2010). En caso de desplazamiento, se percibe la presencia de una depresión que puede ser palpable en la parte dorsal sobre la apófisis extensora de la falange distal. Si esta se extiende alrededor de la corona hasta los cuartos y los talones, el pronóstico es grave, ya que esto indica que la mayor parte del aparato de fijación laminar está destruido (Pollitt, 2008; Eustace, 2010).

En segundo lugar, es característica la presencia de anillos de crecimiento divergentes en la pared del casco. Los anillos de crecimiento están más espaciados en los talones que en la muralla dorsal, lo que provoca un sobrecrecimiento relativo de la pared del casco que acaba con las paredes dorsales cóncavas (Eustace, 2010) dando lugar a una imagen que se asemeja a una "zapatilla de Aladino" (Pollitt, 2008). Por lo que respecta a la suela, a los pocos días del episodio agudo, puede aparecer una protuberancia convexa en ella, la llamada suela caída, zonas blandas y/o un adelgazamiento excesivo de esta. Al principio, aparecen finas grietas sobre la protuberancia de la suela y, en los casos más graves, la necrosis por presión resultante hace que el corion bajo la falange distal prolapse completamente a través de la suela (Pollitt, 2008; Hunt and Wharton, 2010).

- **Venografía**

Se ha demostrado que la realización de venogramas digitales son muy importantes para evaluación de la perfusión e integridad vascular del caballo en el casco (D'Arpe and Bernardini, 2010; Hunt and Wharton, 2010; Eastman, Redden and Williams, 2012). Cuando sucede el desplazamiento y la inestabilidad de la PIII, se producen una serie de lesiones en cuanto al sistema vascular y nervioso del casco. Como consecuencia al cambio anatómico, el corion se

comprime y se produce la isquemia y necrosis de los vasos y nervios encargados del metabolismo de las estructuras internas del casco (Hood, 1999b; Morrison, 2004). Por lo tanto, este método de diagnóstico tiene el potencial de proporcionar información sobre el estado del suministro de sangre dentro del casco, evaluar la gravedad de la enfermedad, desarrollar estrategias de tratamiento y monitorear la respuesta al tratamiento (D'Arpe and Bernardini, 2010).

2.3.4. Diagnóstico radiológico de la laminitis crónica

El examen radiológico del casco es una prueba esencial en la evaluación de los caballos que padecen de signos clínicos compatibles con la laminitis (Constable *et al.*, 2016). El objetivo de esta técnica es evaluar los daños que ha sufrido el casco observando y midiendo el desplazamiento relativo de las estructuras con respecto a su arquitectura normal (Morgan, Grosenbaugh and Hood, 1999; Morrison, 2010).

Con el fin de evaluar el tipo de desplazamiento que presenta el animal, las proyecciones radiológicas que más información aportan son las siguientes: lateromedial y dorsopalmar/plantar (frontal) del casco (O'Grady and Parks, 2008).

2.3.4.1. Proyección Lateromedial

- Rotación capsular y/o falángica dorsal de la falange distal

Al analizar la radiografía, se observa que la superficie dorsal de la falange distal y la pared del casco ya no están paralelas y alineadas con las otras falanges (Parks and O'Grady, 2003). La distancia entre la pared del casco y la superficie parietal dorsal de la falange distal es mayor distalmente que proximalmente; es decir, aumenta la angulación del tejuelo respecto a la suela. También se evidencia un aumento del ángulo entre la superficie solar de la falange distal y la superficie del suelo y una disminución de la profundidad de la suela (*Figuras 5 y 6*) (Sherlock and Parks, 2013). Por último, se suele identificar cierto grado de hundimiento en la mayoría de los caballos con desplazamiento rotacional. Sin duda, si la falange distal gira y la cápsula del casco y la articulación interfalángica distal mantienen su posición normal, es inevitable que aumente la distancia vertical entre una línea paralela que representa la banda coronaria y la cara proximal de la apófisis extensora de la falange distal (Herthel and Hood, 1999; Cardona, Uribe and Ortved, 2021).

Conviene destacar que algunos autores clasifican la rotación en capsular (separación de la cápsula del casco de la superficie dorsal de la PIII independientemente de la posición de la P3 en relación con las otras falanges) o falángica (desplazamiento de la PIII en relación con el eje largo

de la primera y segunda falanges; es decir, una deformidad en el eje podofalangiano) (Figuras 5 y 6) (Parks and O'Grady, 2003).



Figura 5. Radiografía lateromedial del casco característica de un desplazamiento rotacional capsular dorsal y rotacional de la falange (Sherlock and Parks, 2013).



Figura 6. Radiografía lateromedial del casco. En este caso solo se aprecia la rotación capsular dorsal tras haber tomado medidas correctoras para el desplazamiento rotacional falangiano (Sherlock and Parks, 2013).

- Desplazamiento distal de la falange distal, "hundimiento"

Al observar una radiografía de un animal que sufre laminitis, podemos predecir este tipo de desplazamiento cuando nos encontramos ante aumento en la distancia vertical entre una línea paralela que representa la banda coronaria y la cara proximal de la apófisis extensora de la falange distal (Distancia A en la figura 8).

Además, la superficie solar de la falange distal se vuelve más cercana al suelo y también aumenta la distancia entre la superficie parietal de la falange distal y la pared del del casco (Figuras 7 y 8) (Farrow, 2006; Sherlock and Parks, 2013).



Figura 7. Radiografía lateromedial del casco. Desplazamiento distal o hundimiento de la PIII (Imagen cedida por el HVUZ)



Figura 8. Aumento de la distancia (A) y (B) (Herthel and Hood, 1999).

2.3.4.2. Proyección Dorsopalmar

- Desplazamiento asimétrico distal

Al analizar esta proyección, se deberán tener en cuenta una serie de criterios que ayuden a diagnosticar o descartar este tipo de desplazamiento (Herthel and Hood, 1999; Sherlock and Parks, 2013):

- Asimetría del espacio articular interfalangiano distal: aumento de tamaño del lado afectado. Sin embargo, debido a que un espacio articular desigual también puede deberse a una mala posición o un desequilibrio del casco, este hallazgo debe interpretarse con cuidado. Es más probable que los caballos demuestren un desplazamiento distal medial en lugar de lateral.
- Distancia entre la superficie solar de la falange distal y la superficie del suelo: será menor en el lado afectado.
- Aumento de la distancia entre la cara abaxial de la falange distal y la pared del casco en el lado afectado.

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En las últimas décadas, mediante la técnica radiológica, se han realizado estudios en los que se han definido parámetros morfométricos con el fin de conocer la conformación ósea fisiológica presente en el interior del casco en distintos équidos (Thieme, Ehrle and Lischer, 2015a). Se han elaborado mediciones radiológicas de distancias y ángulos que presenta el estuche córneo con respecto a la tercera falange del casco en distintas razas de caballos, ponis y burros (Cripps and Eustace, 1999; Kummer *et al.*, 2006; Collins *et al.*, 2011; Thieme, Ehrle and Lischer, 2015b; Cardona, Uribe and Ortved, 2021). Sin embargo, en nuestro conocimiento, no existe información publicada de las mediciones radiológicas del casco de caballos Pura Raza Español (PRE).

Es importante recordar que esta raza de origen español, a 31 de diciembre de 2019, está presente en 65 países, tanto de la Unión Europea como en terceros países con un censo total de 252.852 ejemplares, pertenecientes a 38.479 ganaderías (MAPA, 2020). En el caso de que en estos caballos hubiera diferencias importantes con lo reportado para otras razas, el conocimiento de esas diferencias sería fundamental para determinar la salud del casco y posibles patologías como la laminitis en esta raza tan importante.

Por todo ello, el objetivo de este Trabajo Fin de Grado es realizar un estudio radiológico de los principales parámetros radiográficos del casco en una muestra de caballos PRE sin patología previa de laminitis con el fin de conocer el patrón de normalidad en esta raza.

4. METODOLOGÍA

4.1. Materiales y métodos del estudio

Con el fin de elaborar este estudio, se han analizado radiografías lateromediales del casco de la base de datos del Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza (HVUZ) y de la veterinaria especialista en équidos Arantza Vitoria Moraiz desde enero hasta octubre de 2020. Asimismo, se han añadido al trabajo radiografías obtenidas durante el curso 2020-2021, periodo durante el que he sido alumna interna voluntaria del Servicio de Cirugía y Medicina Equina del HVUZ, y he podido colaborar en la adquisición de radiografías, tanto en el hospital como acompañando a la Dra. Vitoria en su actividad ambulatoria.

Las radiografías fueron obtenidas mediante el aparato de rayos-X portátil Orange 9020HD, y el sistema de revelado digital directo Potro DR que consta con un panel de 10" x 12" conectado a un ordenador en el que se analizaron las imágenes. Además, dispone de un calibrador que va integrado en un taco de PVC y madera (*Figura 9*).

Con el fin de conseguir una correcta imagen radiológica en proyección lateromedial se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La extremidad del animal se debe colocar sobre un bloque para que la radiografía incluya la superficie solar del casco.
- El panel se debe colocar medial a la extremidad que queremos radiografiar.
- El haz se debe dirigir desde lateral, paralelo a los bulbos del talón y centrado en la articulación interfalángica distal, 1 cm distal a la banda coronaria y entre los talones y la pared dorsal del casco.
- Los factores de exposición utilizados son de 65kV y 3,2mAs, variando en número según el espesor del casco.

Finalmente, esta proyección debe incluir toda la pared del casco, la falange distal, la segunda falange, la parte distal de la falange proximal, el hueso navicular, las articulaciones interfalángicas distales y proximales.



Figura 9. Proyección lateromedial del casco mediante el sistema de radiografía digital directa a un caballo del presente estudio en el HVUZ.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Animales de raza PRE.
- Ausencia de antecedentes y/o signos de laminitis.
- Radiografías lateromediales realizadas correctamente
- La extremidad radiografiada colocada encima del calibrador.
- Animales mayores de 2 años.
- Se incluyeron por igual radiografías de una de las dos extremidades, izquierda o derecha indistintamente.
- No hubo criterios específicos en cuanto al herraje, sexo y altura a la cruz debido al escaso tamaño de muestra para la división en variables o el desconocimiento de los datos.

Según estos criterios, se han analizado finalmente 21 radiografías. Del total de la muestra el 79% son machos y 21% hembras, 75% herrados y 25% sin herrar. En cuanto a la edad el 55% son mayores de 6 años y 45% menores y se han estudiado un total de 63% de extremidades anteriores izquierdas y 37% extremidades anteriores derechas.

Con el fin de conseguir las variables necesarias en este estudio, se realizaron las siguientes mediciones (*Figura 10*) (Cardona, Uribe and Ortved, 2021):

- **D:** distancia vertical entre una línea paralela que representa la banda coronaria y la punta proximal de la apófisis extensora de la falange distal.
- **W-Tp:** distancia entre la superficie dorsal proximal de la falange distal y la superficie dorsal del casco.
- **W-Td:** distancia entre la superficie dorsal distal de la falange distal y la superficie dorsal del casco.
- **P-Sd:** distancia entre la superficie solar de la punta dorsal de la falange distal y la superficie de la suela del casco.
- **P-Sp:** distancia entre la superficie solar de las alas palmares/ plantares de la falange distal y la superficie de la suela del casco.
- **T:** ángulo de la cara dorsal de la falange distal con la superficie de la suela del casco.
- **S:** ángulo de la superficie dorsal del casco con la superficie de la suela del casco.
- **Pa:** ángulo palmar o ángulo entre la suela de la falange distal y la superficie de la suela del casco.

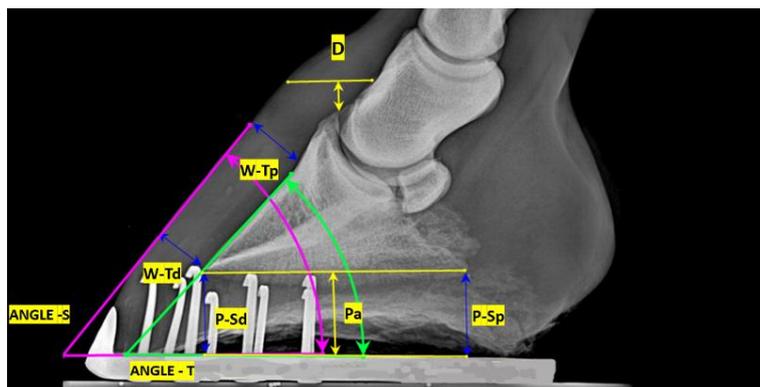


Figura 10. Radiografía lateromedial del casco de un caballo PRE del estudio: mediciones de los 3 ángulos (Angle S, T y Pa) y de las 5 distancias (D, W-Tp, W-Td, P-Sd y P-Sp) (Caso nº 15).

Todos los datos obtenidos se introdujeron en una hoja de cálculo del software Microsoft Excel y se llevó a cabo una estadística descriptiva realizando una serie de cálculos estadísticos básicos: media, desviación estándar (D.E.), máximo y mínimo (rango).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *tabla 1* se recogen los resultados de las mediciones efectuadas en las radiografías incluidas en el estudio.

	W-Tp	W-Td	D	P-Sd	P-Sp	Angle S	Angle T	Pa
Media	16,6	16,2	8,4	23,3	27,3	49,1	47,9	3,4
D.E.	1,7	2,0	1,4	5,7	8,1	3,7	3,4	2,5
Mínimo	13,8	13,0	5,1	14,3	16,0	40,4	39,4	-1,4
Máximo	19,1	22,4	10,4	38,7	48,4	54,1	54,3	8,6

Tabla 1. Media, D.E.: desviación estándar, mínimo y máximo de las diferentes distancias (en milímetros) y ángulos (en grados) y registrados, según se indica en la figura 12

5.1. Distancias entre la pared dorsal del casco y el tejuelo y angulación de la cara dorsal del casco y el tejuelo con respecto al suelo

En cuanto a las distancias medidas desde la pared dorsal del casco y el tejuelo ($W-Tp = 16,6 \pm 1,7$ mm y $W-Td = 16,2 \pm 2$ mm), se observa una diferencia en la media de 0,4 mm, siendo la $W-Tp$ ínfimamente mayor que la $W-Td$. Además, los ángulos de la pared y el tejuelo respecto al suelo ($Angle S = 49,1 \pm 3,7^\circ$ y $Angle T = 47,9 \pm 3,4^\circ$), difieren en 1° aproximadamente. Podemos observar que un ángulo T menor que el ángulo S se corresponde con una medida $W-Td$ menor a $W-tp$ (*Figura 11*).

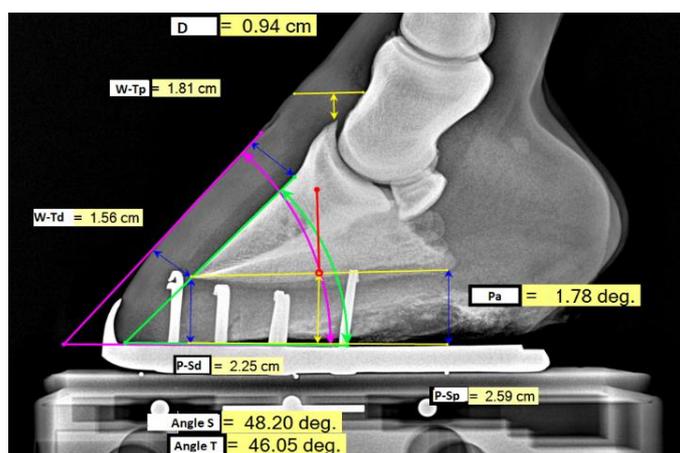


Figura 11 Radiografía lateromedial del casco de un caballo PRE del estudio. Mayor $W-Tp$ que $W-Td$ y mayor $Angle S$ que $Angle T$ (Caso nº 14).

Aun así, algunos caballos analizados individualmente en este estudio no cumplen lo mencionado anteriormente. En la *figura 12* se observa una distribución de las mediciones a la inversa (mayor W-Td en relación con W-Tp y Angle S menor que angle T). En la radiografía se percibe que el animal se encuentra “largo de cascos”, tanto en la pared como en la suela. La distancia desde la PIII palmar y la suela (P-Sd y P-Sp) son de 38,7 mm y 48,4 mm respectivamente. La media del total de caballos en este trabajo es de 23,3 y 28 mm. Por lo tanto, podemos concluir que la falta de recorte de los cascos puede cambiar completamente la morfometría del casco.



Figura 12. Radiografía lateromedial del casco de un caballo PRE del estudio. Menor W-Tp que W-Td y menor Angle S que Angle T. Animal largo de cascos (Caso nº 19)



Figura 13. Radiografía lateromedial del casco de un caballo PRE del estudio. Angle S menor que Angle T debido a la dificultad añadida al medir por presentar una pared del casco irregular (Caso nº 8).

Por otro lado, en la *figura 13* se observa que las medidas W-Tp y W-Td coinciden con la distribución de la media. En cambio, los Angle S y T, no. Si se observa minuciosamente la imagen, se percibe que la pared del casco no está lisa, si no que presenta irregularidades, siendo ligeramente cóncava. Es, por tanto, una dificultad añadida a la hora de valorar el ángulo S e incluso las distancias de la superficie dorsal del casco al tejuelo.

Tal y como cabía esperar, los resultados obtenidos de W-Tp, W-Td, Angle S y Angle T, la pared del casco respecto al tejuelo es prácticamente paralela en caballos sanos PRE. Aun así, las desviaciones estándar para cada parámetro mencionado, también nos informa de que el paralelismo entre la pared dorsal y el tejuelo no es exacto aun cuando el animal no presente ninguna patología. Tras comparar los resultados con otros realizados en otras razas sobre el Angle S y Angle T, también se observa una ligera diferencia entre ellos, siendo el ángulo entre la superficie del suelo y la superficie dorsal de la falange distal más agudo que el ángulo entre la superficie del suelo y la pared dorsal del casco, a excepción de los burros (Kummer *et al.*, 2006; Collins *et al.*, 2011; Thieme, Ehrle and Lischer, 2015a; Vosugh, Nazem and Hooshmand, 2017). Por otro lado, los estudios también confirman que el valor de W-Td puede ser ligeramente menor que el valor de W-Tp debido al ángulo más agudo de la falange distal a la superficie del suelo en comparación con el ángulo de la pared dorsal del casco (Cripps and Eustace, 1999; Kummer *et al.*, 2006).

Asimismo, estudios realizados con otras razas respaldan la hipótesis de que las variables anteriores pueden diferir de la normalidad. Es posible una variación en los ángulos y distancias (W-Tp, W-Td, Angle S y Angle T) debido a la falta o exceso de recorte o a imprecisiones en la medición debido a las variaciones en la forma del tejuelo y en la pared del casco (Cripps and Eustace, 1999; Kummer *et al.*, 2006; Collins *et al.*, 2011; Thieme, Ehrle and Lischer, 2015b). Cabe añadir que la superficie dorsal de la PIII tiene una forma menos variable que la pared dorsal del casco, al igual que ocurre en la *figura 13* (Linford, O'Brien and Trout, 1993).

Según Kummer y colaboradores en 2006, tras el recorte de cascos, los parámetros angulares reflejan estos cambios: el Angle S aumenta en unos 3° y el Angle T aumenta en unos 2° (Kummer *et al.*, 2006). En la *figura 14* se observa un animal largo de cascos, con la herradura muy corta y con el eje podofalangiano roto hacia atrás y la *figura 13* muestra un casco herrado correctamente. Al comparar el Angle S y T entre las dos figuras mencionadas, se aprecia una notable diferencia al comparar los resultados. En la *figura 14* los Angle S y T presentan una angulación de 40,4° y 39,4° mientras que en la *figura 13* el animal tiene un Angle S de 50,8° y un Angle T de 54,8°. Por lo tanto, se concluye que un casco recortado y bien herrado presenta unos valores de Angle S y T mayores comparando con un animal no herrado correctamente y largo de cascos como nos sugiere el estudio de Kummer y colaboradores en 2006. Aun así, esta teoría seguirá dependiendo por un lado de la morfometría individual dentro del mismo grupo de caballos PRE y del operador que recorte los cascos.



Figura 14. Radiografía lateromedial del casco de un caballo PRE del estudio. Disminución de Angle S = 40, 41° y Angle T = 39,36° debido al mal herraje y recorte de cascos (Caso nº 10).

Desde el punto de vista del diagnóstico radiológico de la laminitis en el PRE, se llega a la conclusión de que la pérdida del paralelismo; es decir, una diferencia notable entre en Angle S y T, es indicativo de un desplazamiento rotacional. En un desplazamiento rotacional dorsal, el

Angle T aumenta. Además, dependiendo del periodo de tiempo que haya transcurrido desde el comienzo de la fase crónica, el Angle S presentará dificultades en cuanto a su medición. Esto se debe a que, al producirse la necrosis de las estructuras internas del casco, la pared córnea crece anormalmente de manera cóncava

Tras los datos obtenidos, podemos conocer la normalidad morfométrica del casco en el caballo PRE. Aun así, el presente estudio nos limita a conocer el pronóstico de la enfermedad según el aumento gradual del Angle T. Diversos estudios en otras razas demuestran que los caballos con una rotación inferior a $5,5^\circ$ podían volver al nivel de rendimiento previo a la patología, mientras que los animales con $>11,5^\circ$ de rotación no podían volver a ser caballos de deporte (Stick et al., 1982). Otro artículo tuvo resultados parecidos: los caballos que podían volver a ser utilizados para el deporte tenían un ángulo de rotación $<6^\circ \pm 6^\circ$. También describió que los caballos cojos intermitentes presentaban $11^\circ \pm 8^\circ$ y que los caballos cojos permanentes mostraban $14^\circ \pm 11^\circ$ (HUNT, 1993). En definitiva, los animales que sufren de laminitis crónica con una rotación $<7^\circ$ tienen un pronóstico favorable (Stick et al., 1982; HUNT, 1993; Hemker and Hertsch, 2002) siempre que no haya hundimiento del tejuelo (Thieme, Ehrle and Lischer, 2015a).

Las distancias W-Tp y W-Td, correspondientes con el grosor de la pared, varían dependiendo del tipo de desplazamiento del tejuelo. Si ocurre una rotación dorsal, la distancia W-Tp apenas aumenta, mientras que la distancia W-Td lo hace significativamente (Figura 15). En el caso de hundimiento distal simétrico, W-Tp y W-Td aumentan uniformemente (Figuras 16 y 17).



Figura 15. Radiografía lateromedial de un caballo con rotación dorsal del tejuelo. Aumento de W-Td, de Angle T, de Pa y P-Sp (Radiografía cedida por la veterinaria Arantza Vitoria Moraiz)

Por último, en el caso de una combinación de hundimiento y rotación, las distancias entre el tejuelo y la pared del casco aumentan proximal y distalmente, esta última, sin embargo, con mayor intensidad.

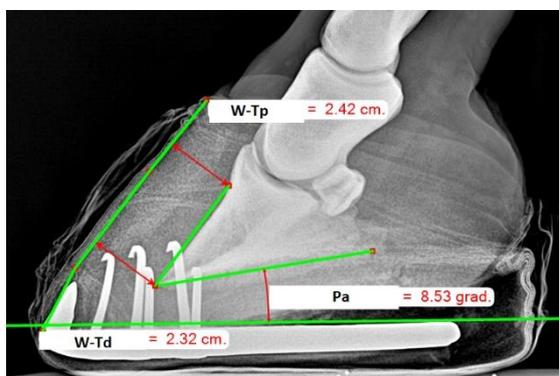


Figura 16. Casco de un caballo hispanoárabe con hundimiento de la PIII. Aumento uniforme de las distancias W-Tp y W-Td (Radiografía cedida por el HVUZ).

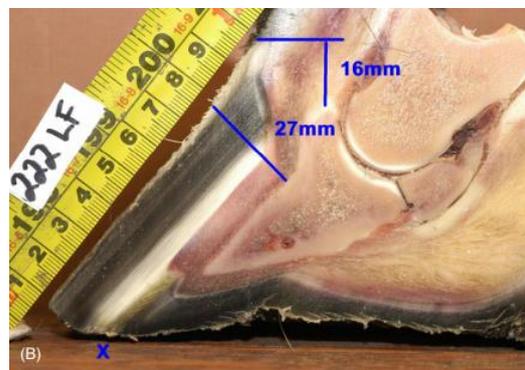


Imagen 17. Corte sagital del casco. Se observa el hundimiento de la PIII con respecto al estuche córneo, con una distancia W-Tp (27 mm) y una distancia D excesivas (16 mm) (Hampson et al., 2013).

Tras las medias obtenidas del total de caballos en este estudio, se puede llegar a pensar que una desviación mayor que 16,6mm proximalmente y 16,2 distalmente puede ser indicio de laminitis. Aun así, tras valorar las desviaciones estándar y los caballos individualmente (*Tabla 1*), cualquiera que supere estos valores presentaría laminitis y no es el caso. Por lo tanto, 16,6 mm y 16,2 mm son valores de referencia que tendremos que interpretar a la vez que los signos clínicos del animal, parámetros como el ángulo Pa y la distancia D. También debemos valorar si el paciente presenta largo de cascos o incluso un exceso de recorte y el tamaño del animal dentro de la misma raza (Cripps and Eustace, 1999; Redden, 2003).

También hay variaciones en esta distancia según la raza (Cripps and Eustace, 1999; Redden, 2003). La media de los caballos de sangre caliente y ligeros es de 15-16 mm (Linford, O'Brien and Trout, 1993; Cripps and Eustace, 1999; Faramarzi, Thomason and Sears, 2009) y se ha informado que no superan los 19 mm (Thieme, Ehrle and Lischer, 2015a). En los caballos de sangre templada, se observa una media de 18-19 mm (Cripps and Eustace, 1999; Kummer et al., 2006; Eustace, 2010). En yeguas y sementales de cría pesados y viejos, puede ser incluso más ancho a 20-22 mm (Redden, 2003). Otro estudio reciente en el colombiano de paso informa una media de W-Tp y W-Td de 16,3 mm y 15,5 mm (Cardona, Uribe and Orved, 2021). El caballo Pura Raza Árabe Iraní una media de 17,8 mm (Vosugh, Nazem and Hooshmand, 2017). Por último, los ponies 13-15mm (Cripps and Eustace, 1999; Thieme, Ehrle and Lischer, 2015b).

Otro estudio afirmó que una anchura >20 mm es el primer signo radiográfico de laminitis. En los resultados de este trabajo (*Tabla 1*), solo el individuo de la *figura 12* supera este valor. Pero como se ha mencionado al inicio de la discusión, el exceso de casco ha modificado los valores

normales. Los demás individuos del presente estudio muestran un grosor menor de 20 mm. Aun así, el límite de 20 mm fue instaurado en un estudio realizado en otra raza. Por lo tanto, como varía según la raza y el tamaño del animal, no se puede afirmar con certeza que ese parámetro sea el correcto para el PRE. Aquí surge la necesidad de realizar más estudios en esta raza.

Por otro lado, algunos autores para superar la amplia variación individual en la medición del grosor de la pared dorsal concluyeron que la distancia desde la pared del casco al tejuelo dividido por la longitud del tejuelo desde la punta hasta la articulación con el hueso navicular debía ser <30% (Linford, O'Brien and Trout, 1993). Un estudio del pura raza árabe iraní realizó ese cálculo con sus datos de caballos sanos y sus resultados fueron 26,3, 26,7 y 27,5 mm en tres regiones proximal, media y distal respectivamente (Vosugh, Nazem and Hooshmand, 2017). Por lo tanto, se demostró que la media de este criterio era inferior al 30% en todos los casos.

5.2. Distancias de la superficie solar de la tercera falange a la suela y ángulo palmar

En cuanto a la morfometría de la región palmar del casco, el ángulo Pa (ángulo palmar de la falange distal) en el caballo PRE es de $3,4^\circ \pm 2,5^\circ$ y las correspondientes distancias desde la superficie palmar a la suela, P-Sd $23,3 \pm 5,7$ mm y P-Sp $27,3 \pm 8,1$ mm. En este caso, se observa que al aumentar Pa, aumenta P-Sp y disminuye P-Sd. Como se aprecia en las mediciones realizadas individualmente, existe gran variabilidad en estos datos con un mínimo de $-1,4^\circ$ hasta un máximo de $8,6^\circ$. Sin embargo, la gran variabilidad dependerá de la forma en que se haya recortado el casco, la forma en que ha herrado el animal (Redden, 2003) y en la precisión en la proyección.

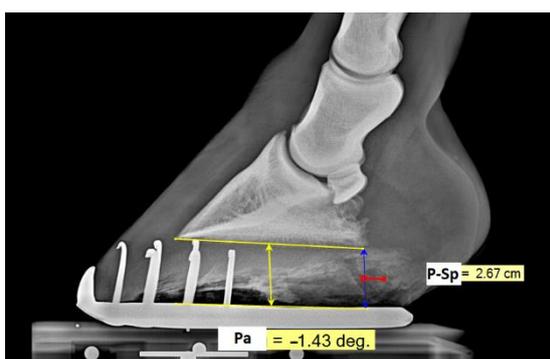


Figura 18. Radiografía lateromedial del casco de un caballo PRE del estudio. Angle Pa negativo (Caso nº 6),

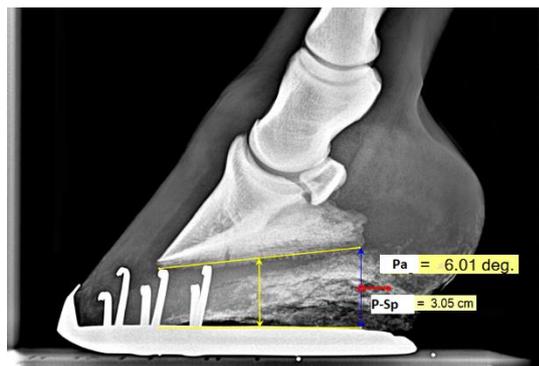


Figura 19. Radiografía lateromedial del casco de un caballo PRE del estudio. Angle Pa positivo (Caso nº 9).

Estudios confirman que los valores de referencia para el ángulo palmar están entre 2° y 10° (Eliashar, McGuigan and Wilson, 2004; Kummer *et al.*, 2006; Ross and Dyson, 2010; Collins *et al.*, 2011; Vosugh, Nazem and Hooshmand, 2017)

El ángulo Pa se distribuye de la siguiente manera. Si la punta del tejuelo está más baja que las ramas del tejuelo en relación con la superficie de apoyo, el ángulo es positivo (*Figura 19*), en el caso contrario es negativo (*Figura 18*). En principio, el ángulo debe ser positivo. En los caballos con lumbres largas y talones bajos, el ángulo tiende a cero, llegando incluso a ser negativo. (Eliashar, McGuigan and Wilson, 2004).

Las distancias P-Sd y P-Sp disminuyen en semejante proporción en el hundimiento distal simétrico. En el caso de que se de una rotación dorsal, disminuirá en mayor medida la distancia P-Sd (*Figura 18*). Por último, en el supuesto caso que ocurra una combinación de ambos desplazamientos, el grosor de la suela disminuirá acentuándose en la porción de la punta (P-Sd). Aun así, según los resultados obtenidos en estas variables, es complicado valorar un desplazamiento con hundimiento distal. Esto se debe a la gran variabilidad individual que nos informa la desviación estándar obtenida en estos dos parámetros. Por lo tanto, no solo nos fijaremos en estos dos valores, si no que nos basaremos en mayor medida en las distancias W-Tp y W-Td debido a la distribución más uniforme del grupo de individuos analizados.

Otros autores sugieren que un grosor de la suela de >15mm se considera óptimo (Redden, 2003; Baxter, 2011), pero la mayoría de los estudios en caballos sanos han encontrado un grosor de suela menor. Los purasangres deben tener un grosor de suela de al menos 9 mm (Linford, O'Brien and Trout, 1993; Hampson *et al.*, 2013), los caballos de sangre caliente al menos 10 mm (Kummer *et al.*, 2006) y los ponis al menos 8 mm (Thieme, Ehrle and Lischer, 2015b). Tras valorar los datos mencionados anteriormente en otras razas, se llega a la conclusión de que el caballo PRE presenta aproximadamente el doble de mm de grosor de suela. También esta diferencia podría deberse al tipo de recorte o incluso al error de medición. Esto puede ser debido a que a la hora de realizar las mediciones, algunos caballos no presentaban una clara línea de separación entre el final de la suela y el calibrador.

Se debe tener especial cuidado de garantizar un grosor suficiente de la suela para permitir una buena circulación sanguínea (Redden, 2003) y una protección adecuada de los tejidos internos del casco. Las suelas finas son un factor de riesgo para las contusiones en la planta del casco y la formación de abscesos (Ross and Dyson, 2010).

Por otro lado, el ángulo Pa debe evaluarse regularmente en los caballos con laminitis crónica, sobre todo en los que presentan rotación, porque el cambio en el ángulo palmar es un parámetro más preciso que las distancias P-Sd y P-Sp.

5.3. Distancia entre la corona y la apófisis extensora

Por último, en cuanto a los resultados de la distancia D (distancia vertical entre una línea paralela que representa la banda coronaria y la cara proximal de la apófisis extensora de la falange distal), se ha obtenido una media y desviación estándar de $8,4 \pm 1,45$ mm con un mínimo de 5,1 mm hasta un máximo de 10,4 mm. La variabilidad de este parámetro puede deberse a la falta de un marcador radioopaco en la banda coronaria. Aun así, la alta calidad del material utilizado hoy en día en la radiografía digital directa ha permitido poder valorar la banda coronaria aunque presente radiolucidez de tejido blando. Por otro lado, otra fuente de variación podría ser la modificación de la altura del haz de rayos. Cripps y Eustace sugieren que una variación del haz de 100 mm puede modificar la distancia D en aproximadamente 1,5 mm (Cripps and Eustace, 1999).

La distancia D es un parámetro importante en el diagnóstico y pronóstico en la laminitis (Cripps and Eustace, 1999; Collins *et al.*, 2011). Tras conocer el rango de normalidad en el caballo PRE, otros autores proponen un rango de referencia de - 2mm a 9,7 mm en otras razas (Cripps and Eustace, 1999; Baxter, 2011). Además, suponen que estas diferencias radican entre individuos dentro de la misma raza, entre los cascos de un mismo animal, en las mediciones realizadas en el mismo casco y entre los operadores que realizan la medición. Por ejemplo, en el estudio de Cripps y Eustace obtuvieron un valor de 4,3mm y en el de Kummer de 10mm en caballos de sangre templada como el Hannoveriano. En cuanto a la diferencia entre razas, el estudio de Cripps y Eustace muestra una media de para el PSI de 6 mm y una media de 4,3 mm para el hannoveriano (Cripps and Eustace, 1999; Kummer *et al.*, 2006).

La diferencia entre los dos estudios probablemente se deba a la ubicación del punto de referencia utilizado en cada caso (Thieme, Ehrle and Lischer, 2015a). Cripps y Eustace mencionan que además esta distancia varía según el peso que carga el animal en la extremidad (Cripps and Eustace, 1999).

En cuanto al pronóstico, menos del 50% de los caballos con un aumento en la distancia D >14 mm volvieron a presentar el mismo nivel deportivo, mientras que los caballos con una distancia D con una caída <8 mm, tenían un 90% de posibilidades de volver a ser utilizados (Cripps and Eustace, 1999).

5.4. Limitaciones del estudio y expectativas de futuro

La principal limitación del estudio ha sido el escaso número de caballos. Además, la oportunidad de poseer un mayor número de animales podría ayudarnos a conocer las diferencias de estos valores entre sexos, edades, altura a la cruz, peso e incluso entre animales herrados y sin herrar.

Además, el utilizar radiografías realizadas con anterioridad, no ha permitido utilizar una metodología común en cuanto a la distancia del disparador de rayos a la extremidad y a la colocación del haz de rayos.

Por último, sería de gran interés completar este estudio realizando y comparando estos valores procedentes de caballos sanos con otros obtenidos en animales que presentan clínica de laminitis en todas sus fases de la enfermedad. Además, hubiera sido interesante realizar el cálculo de la distancia desde la pared del casco al tejuelo dividido por la longitud del tejuelo desde la punta hasta la articulación con el hueso navicular en el PRE. También desarrollar una fórmula semejante a la anterior con el fin de conocer la distancia D ya que como se ha mencionado anteriormente, la medición de esta distancia presenta variabilidad en el resultado debido a la falta de un marcador radioopaco y a la metodología utilizada por cada clínico.

6. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS

En las condiciones en las que se ha realizado este estudio se han podido alcanzar las siguientes conclusiones:

- I. Los valores que se pueden utilizar con mayor fiabilidad para conocer la normalidad y realizar un diagnóstico radiológico de la laminitis crónica en el caballo PRE, debido a la menor desviación estándar de los valores obtenidos y a las menores complicaciones a la hora de realizar un análisis morfométrico, son: la distancia entre la pared dorsal del casco y la superficie dorsal del tejuelo (tanto proximal como distal), y los ángulos de la superficie dorsal del casco y de la cara dorsal del tejuelo con la superficie de la suela del casco.
- II. Tras comparar los resultados del presente estudio en el caballo PRE con otros en distintas razas, se observa que los rangos de valores para los parámetros más importantes para el diagnóstico de la laminitis crónica no difieren mucho de otras razas de sangre caliente. Por lo tanto, los valores publicados en otras razas pueden servir de guía para diagnosticar esta patología en el caballo Pura Raza Español.
- III. Surge la necesidad de investigar más a fondo la morfometría radiológica del casco del caballo PRE por el escaso número de animales en la muestra y la incapacidad de realizar una separación en variables (edad, sexo, altura a la cruz, herrados o sin herrar...).

The following conclusions have been reached under the conditions in which this study has been carried out:

- I. Due to the lower standard deviation of the values obtained and the fewer complications when carrying out a morphometric analysis, the values that can be used with greater reliability to ascertain normality and make a radiological diagnosis of chronic laminitis in the PRE horse are: the distance between the dorsal hoof wall and the dorsal surface of the coffin bone (both proximal and distal), and the angles of the dorsal surface of the hoof and of the dorsal face of the coffin bone with the surface of the sole of the hoof.
- II. Comparing the results of the present study in the PRE horse with others in different breeds, it is observed that the ranges of values for the most important parameters for the diagnosis of chronic laminitis do not differ much from other hot-blooded breeds. Therefore, the values published in other breeds can serve as a guide to diagnose this pathology in the Pura Raza Español horses.
- III. The need to further investigate the radiological morphometry of the hoof of the PRE horse arises due to the small number of animals in the sample and the inability to separate into variables (age, sex, height at the withers, shod or unshod...).

7. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este trabajo me ha permitido ampliar mis conocimientos sobre el casco equino, estructura anatómica de gran importancia en la familia de los équidos. Además, el gran número de radiografías estudiadas y el análisis minucioso y comparativo entre ellas, me ha otorgado la capacidad de diagnosticar posibles cambios patológicos en el casco como futura veterinaria.

Durante el desarrollo de este trabajo he aprendido a realizar búsquedas bibliográficas de calidad y a discutir, contrastar y seleccionar información válida de los artículos estudiados y de los datos obtenidos durante el trabajo. Mientras desarrollaba este estudio, he conocido desde dentro el mundo de la investigación científica y he comprendido la necesidad de llevar una planificación estricta y la constancia que un estudio necesita desde el inicio hasta la obtención de sus frutos.

Como alumna interna me gustaría reconocer y agradecer en especial a todo el equipo del Servicio de Medicina y Cirugía de Grandes Animales del Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza (HVUZ) por haberme permitido formar parte del equipo y por el tiempo que dedican a nuestra formación. Y a mis compañeros de guardias, por hacer las guardias más amenas, por todo el apoyo que nos hemos dado y por la amistad que tras tantas horas juntos hemos forjado.

Quiero agradecerles también a mis tutores, Arantza Vitoria y Paco Vázquez, la paciencia que han tenido conmigo durante la realización del trabajo, por todas las instrucciones que me han proporcionado para la elaboración de la memoria y por toda la información que me han facilitado. Este trabajo no habría sido posible realizarlo si no hubiera tenido un acceso directo a los datos e instrumentos necesarios.

Por último, quiero agradecer a mi familia y amigos por haber sido un apoyo fundamental y por haberme ayudado a ver el lado bueno de las cosas durante estos cinco duros años de carrera.

8. BIBLIOGRAFÍA

Baxter, G. M. (2011). *Adams and Stashak's Lameness in Horses*. Chichester, UK: Blackwell Publishing Ltd.

Cardona, G. A., Uribe, A. y Ortved, K. (2021). "Determination of Positional Parameters of the Distal Phalanx Within the Hoof Capsule in Sound Colombian Paso Horses". *Journal of Equine Veterinary Science*, 101. DOI: 10.1016/j.jevs.2021.103434.

COLLES, C. M. (1983). "Interpreting radiographs 1: The foot". *Equine Veterinary Journal*, 15 (4), pp. 297–303. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1983.tb01804.x.

Collins, S. N. *et al.* (2010). "The Lamellar Wedge". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 26 (1), pp. 179–195. DOI: 10.1016/j.cveq.2010.01.004.

Collins, S. N. *et al.* (2011). "Radiological anatomy of the donkey's foot: Objective characterisation of the normal and laminitic donkey foot". *Equine Veterinary Journal*, 43 (4), pp. 478–486. DOI: 10.1111/j.2042-3306.2010.00312.x.

Constable, P. *et al.* (2016) "Diseases of the Musculoskeletal System". *Veterinary Medicine*. Filadelfia, Estados Unidos: Saunders, pp. 1371–1539. DOI: 10.1016/b978-0-7020-5246-0.00015-2.

Cripps, P. J. y Eustace, R. A. (1999). "Radiological measurements from the feet of normal horses with relevance to laminitis". *Equine Veterinary Journal*, 31 (5), pp. 427–432. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1999.tb03844.x.

D'Arpe, L. Y Bernardini, D. (2010). "Digital venography in horses and its clinical application in Europe". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 26 (2), pp. 339–359. DOI: 10.1016/j.cveq.2010.06.006.

Davies, H. M. S., Philip, C. J. y Merritt, J. S. (2007). "Functional anatomy of the equine digit:

determining function from structure". *Equine Podiatry*. Filadelfia, Estados Unidos: Saunders, pp. 25-41.

Denoix, J.-M. (2001). *Extremidad del caballo parte distal: atlas de anatomía clínica y técnicas por imagen comparadas*. Barcelona: Ediciones S.

Eastman, S., Redden, R. F. y Williams, C. A. (2012). "Venograms for Use in Laminitis Treatment". *Journal of Equine Veterinary Science*, 32(11), pp. 757–759. DOI: 10.1016/j.jevs.2012.02.020.

Eliashar, E., McGuigan, M. P. y Wilson, A. M. (2004). "Relationship of foot conformation and force applied to the navicular bone of sound horses at the trot". *Equine Veterinary Journal*, 36 (5), pp. 431–435. DOI: 10.2746/0425164044868378.

Engiles, J. B. (2010). "Pathology of the Distal Phalanx in Equine Laminitis: More Than Just Skin Deep". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 26 (1), pp. 155–165. DOI: 10.1016/j.cveq.2009.12.001.

Estrada, M. (2014). "Artículo de revisión Fundamentos de podología equina: Recorte balanceado y herraje fisiológico", *Revista Ciencias Veterinarias*, 29(2), pp. 41–55. Disponible en: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/article/view/6036/5942> [Consultado: 10-08-2021].

Eustace, R. A. (2010). "Clinical presentation, diagnosis, and prognosis of chronic laminitis in Europe". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 26 (2), pp. 391–405. DOI: 10.1016/j.cveq.2010.06.005.

Faramarzi, B. *et al.* (2018). "Morphovolumetric Analysis of the Hoof in Standardbred Horses". *Journal of Equine Veterinary Science*, 71, pp. 40–45. DOI: 10.1016/j.jevs.2018.08.012.

Faramarzi, B., Thomason, J. J. y Sears, W. C. (2009). "Changes in growth of the hoof wall and hoof morphology in response to regular periods of trotting exercise in Standardbreds". *American Journal of Veterinary Research*, 70 (11), pp. 1354–1364. DOI: 10.2460/ajvr.70.11.1354.

Farrow, C. S. (2006) 'The foot', in *Veterinary Diagnostic Imaging: The Horse*. Missouri, Estados Unidos: Mosby.

French, K. R. y Pollitt, C. C. (2004). "Equine laminitis: Loss of hemidesmosomes in hoof secondary epidermal lamellae correlates to dose in an oligofructose induction model: An ultrastructural study". *Equine Veterinary Journal*, 36 (3), pp. 230–235. DOI: 10.2746/0425164044877125.

Godoy, A. y García, A. (2011). "Infosura en equinos". *Avances en Ciencias Veterinarias*, 26, pp. 11–26. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/122603/Infosura->

en-equinos.pdf?sequence=1. [Consultado 10/07/2021].

Hampson, B. A. *et al.* (2013). "The feral horse foot. Part B: Radiographic, gross visual and histopathological parameters of foot health in 100 Australian feral horses". *Australian Veterinary Journal*, 91(1–2), pp. 23–30. DOI: 10.1111/avj.12017.

Hemker, S. y Hertsch, B. (2002). "Radiologic evaluation of chronic founders". *PRAKTISCHE TIERARZT-HANNOVER-*, 83(7), pp. 610–617. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/290608715_Radiologic_evaluation_of_chronic_founders. Consultado: [14-08-2021].

Herthel, D. y Hood, D. M. (1999). "Clinical presentation, diagnosis, and prognosis of chronic laminitis.". *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 15(2), pp. 375–394. DOI: 10.1016/S0749-0739(17)30151-7.

Hood, D. M. (1999a). "Laminitis in the horse.". *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 15(2), pp. 287–294. DOI: 10.1016/S0749-0739(17)30145-1.

Hood, D. M. (1999b). "The mechanisms and consequences of structural failure of the foot.". *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 15(2), pp. 437–461. DOI: 10.1016/S0749-0739(17)30154-2.

Hunt, R. J. (2008). "Equine Laminitis: Practical Clinical Considerations". *Equine Laminitis: Practical Clinical Considerations*, 54, pp. 347–353. Disponible en: <https://aaep.org/sites/default/files/issues/proceedings-08proceedings-z9100108000347.pdf>. [Consultado: 15-08-2021].

HUNT, R. J. (1993). "A retrospective evaluation of laminitis in horses". *Equine Veterinary Journal*, 25 (1), pp. 61–64. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1993.tb02903.x.

Hunt, R. J. y Wharton, R. E. (2010). "Clinical Presentation, Diagnosis, and Prognosis of Chronic Laminitis in North America". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 26(1), pp. 141–153. DOI: 10.1016/j.cveq.2009.12.006.

Kainer, R. A. (1989). "Clinical anatomy of the equine foot.". *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, pp. 1–27. DOI: 10.1016/S0749-0739(17)30601-6.

Kaneps, A. J. (2013). *Equine Sports Medicine and Surgery*. Filadelfia, Estados Unidos: Saunders Ltd.

Kummer, M. *et al.* (2006). "The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal Warmblood horses". *Veterinary Journal*, 172(1), pp. 58–66. DOI:

10.1016/j.tvjl.2005.03.008.

Linford, R. L., O'Brien, T. R. y Trout, D. R. (1993). "Qualitative and morphometric radiographic findings in the distal phalanx and digital soft tissues of sound thoroughbred racehorses". *American Journal of Veterinary Research*, 54 (1), pp. 38–51.

Loving, N. S. (2010). *Todos los sistemas del caballo*. Barcelona: Hispano Europea.

Marcato, P. S. y Perillo, A. (2020). "Equine laminitis. New insights into the pathogenesis. A review. Large Animal Review". *Large Animal Review*, 26(6), pp. 353–363. Disponible en: <https://www.largeanimalreview.com/index.php/lar/article/view/155/101>. [Consultado 18-08-2021].

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020). *Resolución de la dirección general de producciones y mercados agrarios, por la que se aprueba el programa de cría del caballo de Pura Raza Española (PRE) y el programa de difusión de la mejora*. Madrid: MAPA

Morgan, S. J., Grosenbaugh, D. A. y Hood, D. M. (1999). "The pathophysiology of chronic laminitis. Pain and anatomic pathology". *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 15(2), pp. 395–417. DOI 10.1016/S0749-0739(17)30152-9.

Morrison, S. (2004). "Foot management". *Clinical Techniques in Equine Practice*, 3 (1), pp. 71–82. DOI: 10.1053/j.ctep.2004.07.007.

Morrison, S. (2010). "Chronic laminitis: Foot management". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 26(2), pp. 425–446. DOI: 10.1016/j.cveq.2010.06.003.

O'Grady, S. E. (2010). "Farriery for chronic laminitis". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 26(2), pp. 407–423. DOI: 10.1016/j.cveq.2010.04.008.

O'Grady, S. E. y Parks, A. H. (2008). "Farriery Options for Acute and Chronic Laminitis". *Proceedings of the 54th Annual Convention of the AAEP*, 54, pp. 354–363. Disponible en: <https://aaep.org/sites/default/files/issues/proceedings-08proceedings-z9100108000354.pdf>. [Consultado 20-08-2021].

Parks, A. y O'Grady, S. E. (2003). "Chronic laminitis: Current treatment strategies". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 19 (2), pp. 393–416. DOI: 10.1016/S0749-0739(03)00019-1.

Pollitt, C. C. (1998). *Atlas en color: EL PIE DEL CABALLO*. Edited by R. Manuel. Madrid: Harcourt Brace de España.

Pollitt, C. C. (2004a). "Equine laminitis". *Clinical Techniques in Equine Practice*, 3(1), pp. 34–44.

DOI: 10.1053/j.ctep.2004.07.003.

Pollitt, C. C. (2004b). "The anatomy and physiology of the hoof wall". *Clinical Techniques in Equine Practice*, 4, pp. 3–21. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1534751604000277?casa_token=AlxDCJxTn_AAAAAA:h4GB-Ma0VvZdStDQCdYRSEneWIW3rt52iys1GNqFGnQ3vmA30MzXP0LsEgOqakWXKFWijn41A.

[Consultado 20-08-2021].

Pollitt, C. C. (2008). "Equine Laminitis: current concepts". *Equine Laminitis*. DOI: 10.1002/9781119169239.

Pollitt, C. C. (2010). "The Anatomy and Physiology of the Suspensory Apparatus of the Distal Phalanx". *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 26(1), pp. 29–49. DOI: 10.1016/j.cveq.2010.01.005.

Redden, R. F. (2003). "Clinical and radiographic examination of the equine foot". *49th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*. New Orleans, Louisiana, 23 noviembre 2003, pp. 169–185.

Ross, M. y Dyson, S. J. (2010). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. St. Louis: Saunders.

Sherlock, C. y Parks, A. (2013). "Radiographic and radiological assessment of laminitis". *Equine Veterinary Journal*, 25, pp. 524–535. DOI: 10.1111/eve.12065.

Steven, D. (1981). "Functional anatomy of the horse's foot". *In Practice*, 3 (4), pp. 22–27. DOI: 10.1136/inpract.3.4.22.

Stick, J. A. et al. (1982). "Pedal bone rotation as a prognostic sign in laminitis of horses", *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 180 (3), pp. 251–253. PMID: 7056672

Thieme, K., Ehrle, A. y Lischer, C. (2015a). "Morphometrische Messungen am Pferdehuf - Eine Literaturübersicht". *Pferdeheilkunde*, 31(2), pp. 108–118. DOI: 10.21836/PEM20150201.

Thieme, K., Ehrle, A. y Lischer, C. (2015b). "Radiographic measurements of the hooves of normal ponies". *Veterinary Journal*, 206(3), pp. 332–337. DOI: 10.1016/j.tvjl.2015.10.005.

Visser, M. B. y Pollitt, C. C. (2011). "Immunohistochemical Distribution of Laminin-332 and Collagen Type IV in the Basement Membrane of Normal Horses and Horses with Induced Laminitis". *Journal of Comparative Pathology*, 145(1), pp. 80–87. DOI: 10.1016/j.jcpa.2010.11.009.

Vosugh, D., Nazem, M. N. y Hooshmand, A. R. (2017). "Radiological anatomy of distal phalanx of front foot in the pure Iranian Arabian horse". *Folia Morphologica (Poland)*, 76(4), pp. 702–708. DOI: 10.5603/FM.a2017.0028.

Weaver, M. y Barakzai, S. (2009). *Handbook of Equine Radiography*. 1st edn. Filadelfia, Estados Unidos: Saunders Ltd.

-