



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**CUAUTITLÁN**

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS DISPOSITIVOS DE TRACCIÓN  
(RAMPLÓN Y GARRA) UTILIZADOS EN LAS HERRADURAS DE  
CABALLOS DE CARRERAS DE LA RAZA PURA SANGRE INGLÉS.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:**

**CÉSAR AYALA SERRANO**

**ASESOR: MVZ. WILFRIDO RAMÍREZ VALADEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
 Jefa del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Revisión bibliográfica sobre los dispositivos de tracción (rampión y garra) utilizados en las herraduras de caballos de carreras de la raza pura sangre inglés.

Que presenta el pasante César Ayala Serrano

Con número de cuenta: 404068486 para obtener el título de:

Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

Cuautitlán Izcalli, Mex. a 11 de Febrero de 2011.

PRESIDENTE MVZ. Jesús Valdez Miranda

VOCAL MVZ. Eugenio Bravo Quintanar

SECRETARIO MVZ. Wilfrido Ramírez Valadez

1er SUPLENTE MVZ. Gustavo Díaz Manríquez

2º SUPLENTE MVZ. José Alberto Ramírez Jiménez

## **Agradecimientos.**

Quiero agradecer a la persona más importante para mí por su apoyo brindado para la elaboración de quien soy hoy en día y en quien me he convertido, por haber estado a mi lado desde mi primer aliento y en cada uno de mis logros, por haberme formado con mano dura y mucho amor, por haber vivido conmigo cada segundo de la facultad y que ahora vivió esta culminación junto a mí, como en algún momento yo la viví junto a ella. Quiero agradecerle por enseñarme un mundo nuevo y por inculcarme sus valores y fortalezas, así como por ayudarme a trascender mis debilidades, porque para mí no hay ni habrá mujer más Grande, Admirable, Decidida y Única. Mi madre, la Magistrada Ana María Serrano Oseguera, a quien dedico esta tesis.

Agradezco al MVZ Guillermo Villa Ramírez por todo el apoyo que me brindó, al LAE Felipe Múzquiz Troncoso por ayudarme a enfocar cada idea, al MVZ CJF Enrique Obregón Ayón por ayudarme a comprender los principios de la podología en equinos así como por compartir su experiencia y vasto conocimiento del tema, al CJF y director de KHS Mitch Taylor por su apoyo y vasto conocimiento sobre podología en equinos, al MVZ Eugenio Bravo Quintanar por impulsarme en la elección del tema de la tesis así como por abrirme las puertas a la podología en equinos, al MVZ Wilfrido Ramírez Valadéz y al MVZ Rafael López Deloya por enseñarme tanto, ofrecerme su valiosa amistad e impulsarme a cada día, a Leonardo Navarro por permitirme aplicar el conocimiento adquirido en los caballos bajo su mando en la cuadra Vivian, al MVZ Alain Malo Juvera por impulsarme, apoyarme incondicionalmente, así como por influir en la decisión de ser MVZ y al CF Juan Carlos de la Rosa por permitirme experimentar el lado práctico de la podología en los caballos bajo su cuidado así como a todos aquellos que aportaron su conocimiento, experiencia y apoyo para la elaboración de esta tesis, gracias de todo corazón.

## Índice

Capitulo 1: Introducción.....	2
Capitulo 2: Historia de la herradura.....	6
Capitulo 3: Anatomía y fisiología de la pata de caballo.....	12
Anatomía.....	13
Fisiología.....	33
Capitulo 4: La herradura deportiva; materiales, modelos y dispositivos más comunes.....	39
Capitulo 5: La importancia de un buen herraje y la selección de la herradura más adecuada.....	45
Capitulo 6: Objetivo.....	50
Capitulo 7: Discusión.....	51
Capitulo 8: Conclusiones.....	69
Bibliografía.....	72

## Capítulo 1

### Introducción.

En la actualidad, los equinos de alta estima son utilizados en actividades hípicas para esparcimiento, lo cual de manera imperceptible ha permitido que se vaya perdiendo el conocimiento del oficio que dio origen al veterinario (1), El Albéitar, pues en el pasado éste era el herrador, íntimamente ligado al caballo, a quien todos recurrían para encontrar cura a los males que sufría este animal; de tal manera que el Albéitar era un especialista, que poseía el conocimiento integral de la medicina y del herraje (2,3).

Por lo general, el herraje de los caballos obedece más a la tradición que a principios científicos, y ésta es, probablemente, la causa por la cual el mejoramiento del herraje fue tan lento (4). El herraje, ha sido considerado como un mal necesario; el cual debe utilizarse solamente cuando se requiere dar protección o para facilitar la tracción, cuando el trabajo del caballo produce un gran desgaste del casco, o cuando se debe complementar o corregir una forma de desplazamiento (1, 5).

La conformación de los miembros de un equino son la clave de su locomoción. El equino fue utilizado durante siglos como animal de tiro y para la guerra fundamentalmente; De modo que su valor está determinado principalmente por el estado de sus miembros. La deficiente conformación de éstos, puede contribuir al desarrollo de ciertos tipos de claudicaciones y en muchos casos, es el factor determinante de ellas (6). Siempre es importante estudiar el efecto del herraje y, si es necesario, se deben probar varios métodos y dispositivos para verificar cuál de ellos es el que mejores resultados le da al caballo, para su función zootécnica (7).

Sin importar la técnica de herraje que se vaya a utilizar, todo herrador debe tomar en cuenta los 3 balances primordiales del casco, que son:

a).- El balance X, que equilibra la región más proximal del borde coronario con el suelo, viendo de frente el casco.

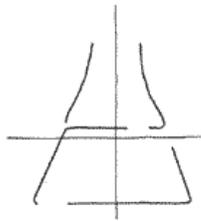


Figura 1

b).- El balance Y, que plasma cuatro cuadrantes cartesianos en la vista palmar, y equilibra desde los talones, las cuartas partes y la pinza respetando siempre el ápice de la ranilla.

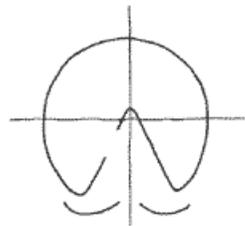


Figura 2

c).- El balance Z, que equilibra el eje podo falángico verificable de manera lateral, y que involucra el ángulo formado por la muralla en conjunción con la cuartilla (1, 2, 4, 7).



Figura 3

Sin embargo, existe un cuarto balance, conocido como la teoría del balance F, el cual consta del balance vertical no considerado por los 3 anteriores, que se circunscribe a 3 puntos primordiales de apoyo alrededor del centro de gravedad del casco, y viendo la vista palmar del casco, estos puntos se encuentran localizados en forma triangular, y tienen como vértices aproximadamente 1 centímetro hacia las cuartas partes, desde los talones su base, y en el

centro de la pinza el último vértice de apoyo. Este balance vertical solamente se puede corroborar de forma caudo-craneal (8).

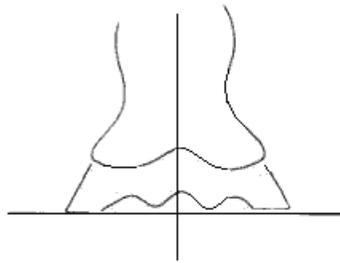


Figura 4

El surgimiento de la teoría del balance F, ha producido una gran polémica relativa al uso de ciertos dispositivos de tracción, como la garra y el ramplón, principalmente en caballos de carrera y de salto. Por ende, se evidencia la justificación del estudio de estos dispositivos.

Durante la carrera, las lesiones fatales o inclusive catastróficas, son eventos que suceden esporádicamente, sin embargo, hay evidencia de que la mayoría de las lesiones fatales, son resultado de la presencia de lesiones menores que afectan directamente la habilidad del caballo para entrenar y competir como lo hace habitualmente. Factores importantes para esta situación son las herraduras, condición de pista, entrenamiento e intensidad de la carrera entre otros (5). En estudios realizados sobre caballos de la raza pura sangre inglés de alto rendimiento (carreras), se encontró una relación entre estos dispositivos de tracción (garra, ramplón) fuertemente asociada con lesiones músculo esqueléticas, así como sobre lesiones en el aparato suspensorio del menudillo; Las probabilidades de cualquier tipo de lesión músculo esquelética son aproximadamente 5% mayores en caballos con herrajes de garra regular (grande) en miembros anteriores que los caballos con herrajes lisos. Así mismo, la probabilidad de lesiones fatales en el aparato suspensorio del menudillo bajo el uso de herraduras con garra media, es aproximadamente de 10.5%, mientras que en caballos con herraduras con garra regular fluctúa entre 19.5%. y 20% (5, 9)

Esta fuerte asociación entre la garra, ramplón y las lesiones graves del aparato suspensorio del menudillo, así como el considerable aumento del riesgo a lesión directamente proporcional al tamaño de estos dispositivos, sugiere que la garra contribuye como causa de lesiones

catastróficas en caballos pura sangre inglés de carreras (9). Durante los últimos 10 años, ha nacido cierto interés sobre éste tema, realizándose algunas investigaciones acerca de estos dispositivos y otros factores de riesgo intrínsecos de las carreras (7), sin embargo, esta información no ha podido ser llevada a todo el gremio hípico, debido a la renuencia ante ésta, por diferentes culturas y tradiciones. Y debido a ello, en esta tesis, se busca aclarar así como tratar de simplificar la influencia tanto positiva como negativa de estos dispositivos de tracción (garra y ramplón) sobre el rendimiento del caballo de carreras, desde un punto de vista tanto médico como zootécnico, el cual finalmente se traduce en el aspecto económico inherente a este deporte.

## Capítulo 2

### Historia de la Herradura

Se sabe que desde hace miles de años, cuando el caballo ocupaba un importante sitio en la sociedad, ya fuera para el campo, transporte, guerras o inclusive expediciones, se buscó la forma de proteger sus cascos utilizando diversos materiales.

Los vestigios más antiguos, de los que se tienen noticia, de herraduras de caballo datan de 2400 A.C., hallazgo hecho por Quiquerez en 1864 en el Jurá Suizo.

En el oriente se usó una especie de herradura hecha de madera, hierbas y raíces. En Egipto y Persia se empleó la herradura de metal, “atada” al casco por medio de correas (1).



Quiquerez  
Figura 5

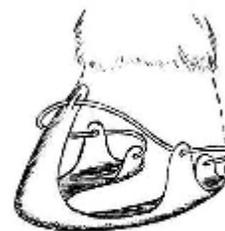


Genghis Khan

Figura 6

Genghis Khan, genio militar, ideó una especie de copa hecha con cuero crudo; se la aplicaba a los cascos y luego le agregaba agua; el cuero se encogía y quedaba fuertemente adherida a la tapa; permitía gran movilidad y daba buena protección (1, 2).

Jenofonte (historiador, filósofo, escritor y general ateniense) fue un gran hombre de caballos y el primero que escribió sobre equitación, entre sus obras se cuentan "El comandante de la caballería" y "El arte ecuestre" (aproximadamente 500 años AC.). Hablaba de poner los caballos sobre un suelo irregular y duro para fortalecer los cascos, hablando únicamente de embatai (especie de sandalia de cuero atada al casco del caballo). Los romanos y los griegos emplearon sandalias, botas y calcetines de cuero para proteger los cascos de sus caballos (2, 3, 4).



Embatai  
Figura 7

Los romanos no escribieron nada sobre la herradura y el clavo, llegando tan sólo a hablar de hipposandalias o sparteas, placas de hierro con lengüetas laterales por donde pasaba una correa

para atarla a la cuartilla, usadas sobre todo para evitar las heridas plantares ocasionadas por los "abrojos" (hierro de muchas puntas que se usaba para evitar el avance de la caballería). Se puede fácilmente imaginar las heridas ocasionadas por este estilo de herraje (1, 2).

Más tarde agregaron a las sandalias de cuero una placa de hierro, considerándose ésta como la madre de la herradura moderna (1). La herradura y el clavo aparecieron en la historia hacia el año 400 D.C. y su uso se regularizó por el año 1000 D.C. Algunos historiadores citan que cuando Inglaterra fue invadida por los Romanos, los caballos ya usaban herraduras y clavos (año 55 A.C.) (1, 2, 4).

En la época de los Galos, la forja era considerada como algo mágico próximo a la religión, el hecho de transformar con el fuego un metal duro y sin forma, en algo maleable que adoptaba la forma deseada, tenía que ser algo cercano a la brujería. Por esta razón era practicada por los Druidas (sacerdotes Galos). Y sería gracias a la herradura como los Galos invadieron diversas regiones hasta llegar al Asia. También formaron parte de la caballería de pueblos guerreros y conquistadores como Cartago (5.000 jinetes galos figuraban en la armada de Anibal), y posteriormente de Roma (3).

La herradura Merovingia (aproximadamente en el 750 AC.) era una herradura muy cubierta, plana y con seis claveras, que sólo dejaba a la ranilla tocar el suelo (3). La herradura de la



**San Eligio**

Figura 8

época galo-romana era una herradura ligera (250 gr.), poco cubierta, ondulada por los rebordes ocasionados por las claveras, y sujeta por clavos forjados también a mano, que eran clavados pero no se cortaban ni remachaban, tan sólo se retorcían en forma de tirabuzón, enrollados sobre ellos mismos (2, 3, 4).

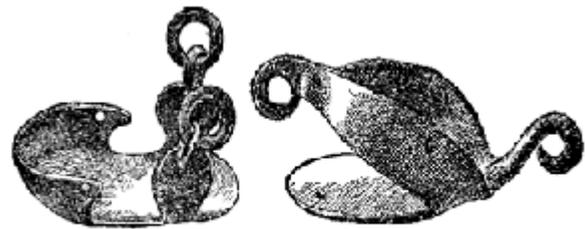
En la Edad Media, durante los siglos X y XI, los caballeros tenían la obligación, no sólo de cuidar sus armas y sus caballos, sino también de herrar estos últimos, por ende dentro de las escalas sociales poco a poco éstos caballeros derivaron esa gran responsabilidad a los especialistas de la época, cabe mencionar que durante el siglo XIII a Eligio de Catelat, erudito ecuestre Frances se le atribuían poderes sobrenaturales en la corrección y tratamiento de los cascos de

los caballos. Es actualmente el Santo Patrón de los herradores, cuya imagen se encuentra en la iglesia de San Miguel en Florencia (4).

A consecuencia del papel importante que la caballería jugó en los combates de la Edad Media, y de la utilidad cada vez mayor que prestaba la herradura en los caballos de guerra, la posición del herrador fue engrandeciéndose rápidamente, hasta el punto de recibir distinciones poco comunes en aquellos tiempos. De aquella época datan los títulos de Mariscal, aún hoy en Francia los herradores se denominan Maréchal-Ferrant (Mariscal-Herrador), y Condestable (Conde de Establo), títulos ambos que sólo poseían los herradores (4).

Todas las variedades de herraduras originarias de Europa del sur se derivan de la llamada “Kureisen” romana, también mencionada herradura de curación, de las cuales muchas han sido encontradas en excavaciones y actualmente se preservan en el museo Romo-germánico en Mainz Alemania (2, 3). Cada herradura presentaba delgadas placas de acero que cubrían todo

el casco y que en algunos casos poseían una abertura de varios centímetros de diámetro justo en el centro. Estas placas, aparentemente eran funcionales tanto para los cascos de caballos de razas orientales como occidentales, contaban con aros o hendiduras de varios centímetros en el margen de las



**Kureisen**

Figura 9

placas de acero, donde se aseguraban con cuerdas pequeñas directamente sobre la corona del casco y en la quartilla. En todas estas herraduras lo que principalmente se buscaba era sujetarlas fuertemente y asegurarlas, aún cuando esto significara un movimiento torpe del caballo, sin mencionar los daños por la fricción de las cuerdas en la quartilla y en la corona (3).

Queda claro que alguna de estas herraduras fue el objeto del cual partieron para mejorar la protección hacia el casco, así como prevenir la fricción excesiva o el deslizamiento no deseado del miembro. Es aproximadamente en el siglo XV cuando la herradura adopta una ranura circular entre las claveras, lo que permite utilizar clavos de lámina plana, remachados en el casco. Es también en esta época cuando aparece una especie de pestaña en las herraduras (2).

En el siglo XVI evolucionó el arte de herrar junto con las herraduras, sobre éstas últimas aparecieron las pestañas más propiamente, pero todavía se herraba en frío. Surgieron por fin los primeros tratados escritos: "Libro de Albeitería" publicado en 1536, del Zamorano Francisco de la Reyna, "La Maréchalerie", del jinete italiano Laurenti Rusi "La Grande Maréchalerie" publicados en 1563, también "La forma de bien embocar, manejar y herrar los caballos" de César Fiaschi publicado en 1564. La herradura poco a poco se hizo más pesada, para amortiguar el peso de las armaduras, de las armas y de los caballos, que eran también más pesados en consecuencia. En 1583 se reimprimió en Toledo el libro titulado "Enfrenamientos de la gineta y de la manera y orden del herrar italiano para la seguridad del caballo", escrito por Eugenio Manzanas, que habla por vez primera de la elasticidad del pie (10).

En el siglo XVII aparecen entre otras, "El Perfecto Jinete", "El Gran Herrador" y "El Verdadero Conocimiento del Caballo" de Carlo Ruini, publicado en 1598, y en el que describe la primera herradura de media luna, entre otras herraduras enfocadas sobre patologías. Pero sobre todo destaca en ese siglo Solleysel, autor del "Perfecto Herrador" publicado en 1664, en el que entre otras se encuentra la primera herradura pantuflada para recuperar un casco encastillado o prevenir la encastilladura (4, 10).



**Solleysel**

Figura 10

En la tumba de Childerico, rey de los francos, se encontró la herradura que se supone es la más antigua; este descubrimiento fue hecho en el año 1716; pero no se da la edad de la herradura, su exactitud está en controversia. (1).

En el "Siglo de las Luces" contando con autores como Saunier o Garsault, y sin cambiar gran cosa la ciencia del herraje, el valenciano Salvador Montó aportó novedades técnicas al arte del herraje, en ese mismo siglo aparecen Lafosse y Bourgelat que hablan ya de la importancia de los buenos aplomos, el herraje en caliente (10).

El Arte del herraje no cesó de mejorar, surgieron herraduras específicamente diseñadas para corregir o prevenir patologías que, perdiendo su simplicidad, se convirtieron en obras complicadas a veces totalmente inutilizables, como la herradura dilatadora.

Con la creación en Alemania de la primera escuela de herradores inaugurada en 1847, se dio un extraordinario impulso al arte de herrar (3). A ésta la siguieron otras orientadas a la formación de herradores militares y civiles, calificados y habilitados con título y diploma de competencia. Algo parecido aconteció en el imperio austro-húngaro y otras naciones como Francia, Italia, Rusia e Inglaterra, donde esta influencia positiva se hizo notar y el arte de herrar se colocó en un plano de altura, renació floreciente y renovador. De entonces datan las publicaciones más ambiciosas.

La primera revista sobre esta materia se publicó en 1833 en Lungwitz, Dresde, Alemania (10). Mientras tanto en los países donde estas escuelas comenzaron a mermar o simplemente desaparecieron, se produjo un progresivo retroceso que llevó a la crisis de herradores competentes con notable influencia en la integridad anatómica del casco y consecuentemente en el menor aprovechamiento y rendimiento del caballo.



**Henry Burden**

Figura 11

Avanzando rápidamente en la historia, cuando la herradura ya tenía un lugar establecido en la sociedad ecuestre, cabe mencionar que en 1835 la primera patente norteamericana de una máquina para producción de herradura, se le atribuye a Henry Burden, esta máquina estaba en Nueva York y era capaz de producir hasta 60 herraduras por hora (10).

En 1861 J.B. Kendall patentó en Boston una herradura mejorada y posiblemente la primera herradura compuesta. El número de la patente es U.S. 33709 (4, 10).

Posteriormente Oscar E. Brown inventor Afroamericano nacido en Búfalo, patentó una herradura compuesta mejorada, la cual consistía en una herradura superior delgada asegurada al casco y otra herradura inferior que se fijaba a la anterior por medio de un fuerte seguro, el cual permitía cambiar la parte inferior cada que fuera necesario renovarla debido al desgaste o que hubiera que limar talones, desgraciadamente la parte superior limitaba mucho el manejo del herrador y por ende esta herradura quedó en desuso con el paso del tiempo, el numero de patente es U.S. 481,271 (10).

Tanto el arte de herrar como la herradura en el siglo XIX, manifestaron todo el compendio de conocimientos y de técnicas heredadas de antaño, las practicadas por los predecesores de los que en este siglo las usaron de manera rutinaria y los que lo hicieron de una forma más creativa, aconsejados en muchos casos por mariscales y albéitares que se valían de ellas para prevenir y curar defectos en los aplomos de caballos, mulas, asnos y bueyes; los auténticos motores de las sociedades modernas desarrolladas hasta entonces. Es fácil imaginar la importancia que la herradura y el herrado tenían para preservar la vida útil y el bienestar de estos valiosos animales, a los que se les otorgaba un poder añadido en sus vulnerables extremidades.

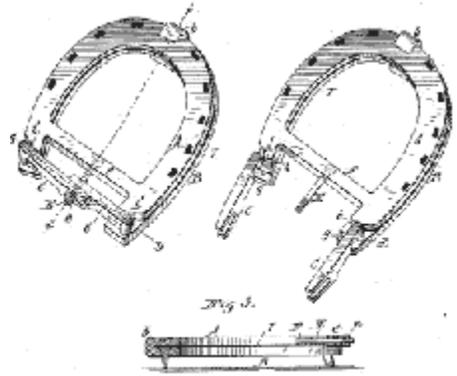


Figura 12

Ya para la última mitad del siglo pasado, la profesión de herrador fue evolucionado de forma sorprendente. El trabajo del herrador fue desapareciendo de los caballos de tiro y los dedicados a las labores agrícolas, ahora una generación de caballos de ocio y deporte estaban surgiendo poco a poco y no encontraban profesionales calificados para atender esa demanda cada vez mayor. Sin duda, no era fácil jugar a las adivinanzas en lo que concierne al lugar reservado al caballo en la sociedad de hoy en día, más económicamente poderosa que la de antaño y con más tiempo para disfrutar actividades ecuestres ligadas al ocio. Todo hace pensar que, impulsados por las necesidades del sector y por las interesantes ganancias económicas, los herradores y en sí el arte de herrar están en vísperas de un nuevo resurgir lleno de vitalidad.

El herraje es a la vez arte y ciencia, es de todo punto esencial que las personas que practiquen el oficio lo hagan sobre la base de sólidos principios científicos, puesto que la evolución del herraje continúa y continuará.

## **Capítulo 3**

### **Anatomía y fisiología de la pata de caballo**

Para una mejor comprensión sobre los efectos de estos dispositivos de tracción sobre los miembros del caballo, es menester abordar de manera un poco somera la anatomía básica de la “pata de caballo” así como su fisiología. “Sin pié no hay caballo”, este axioma fue introducido por los griegos, para después ser adjudicado en la época moderna a los hipíatras franceses. (1).

Se dividirá este estudio en 2 puntos principales:

#### **3.1 Anatomía**

##### **3.1.1 Huesos**

##### **3.1.2 Irrigación e Inervación**

##### **3.1.3 Estructuras sensitivas del casco**

##### **3.1.4 Estructuras no sensitivas del casco**

##### **3.1.5 Articulaciones**

##### **3.1.6 Aparato de sostén**

##### **3.1.7 Aparato suspensorio del menudillo**

#### **3.2 Fisiología**

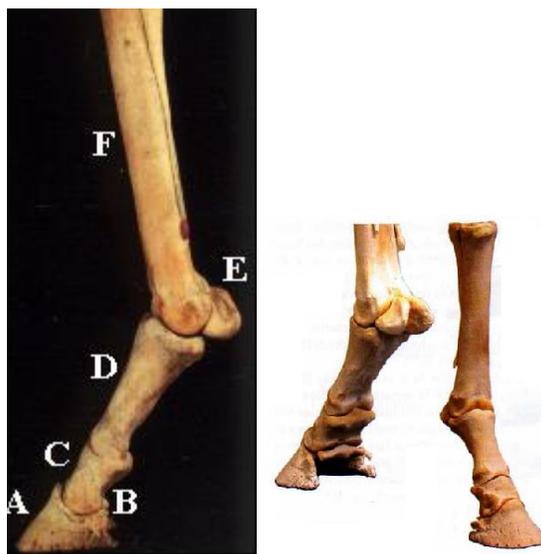
##### **3.2.1 Fisiología de la pata y biomecánica del casco.**

### 3.1 Anatomía

#### 3.1.1 Huesos

Al estudiar la anatomía del miembro equino, es muy importante tener en cuenta, que antes que nada, la función más primordial la llevan los huesos, dado que estos son los que dan el mayor sostén al caballo, reciben los impactos, distribuyen las presiones y en conjunción con los ligamentos y tendones, proveen al caballo de gran fortaleza y enorme flexibilidad. (1, 5, 6, 11, 12).

- A. Falange distal
- B. Hueso navicular (hueso sesamoideo distal)
- C. Falange media
- D. Falange proximal
- E. Sesamoideos proximales
- F. Tercer Metacarpiano.



Vista lateral

Figura13

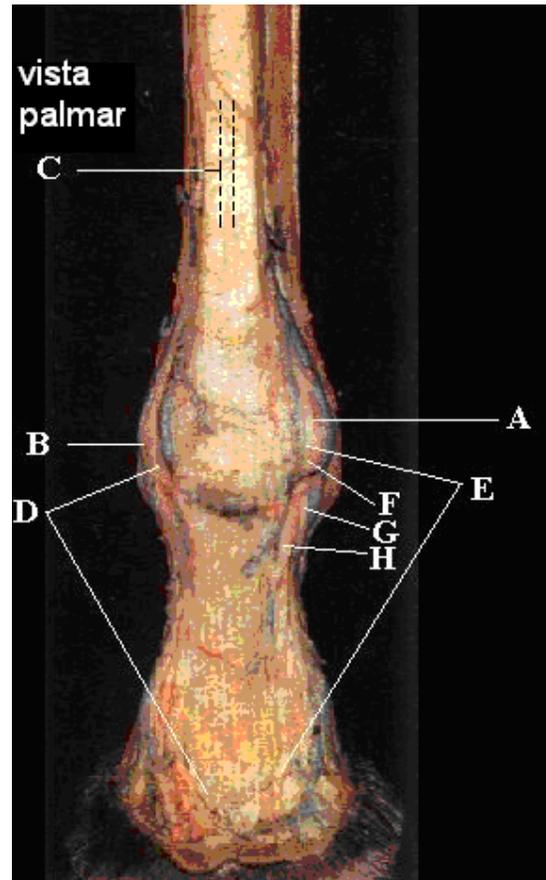
#### 3.1.2 Irrigación e Inervación

La irrigación sanguínea del casco está dada por las arterias digitales lateral y medial, las cuales nacen de la arteria digital común, estas arterias pasan entre los sesamoideos proximales, y descienden de forma paralela al tendón del flexor superficial profundo dirigiéndose hacia el surco solar de la falange distal, donde penetran por el foramen de la

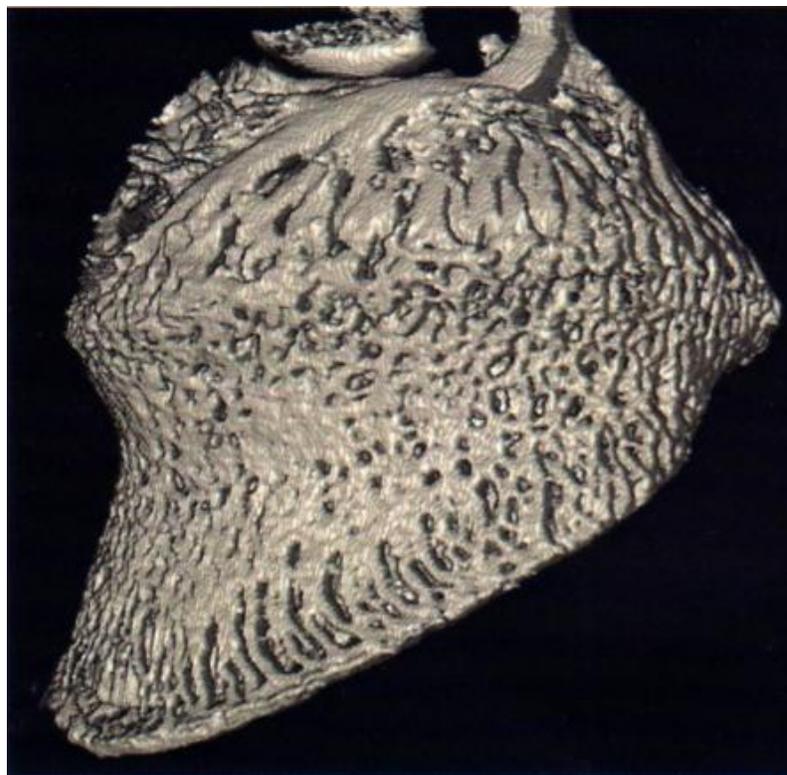
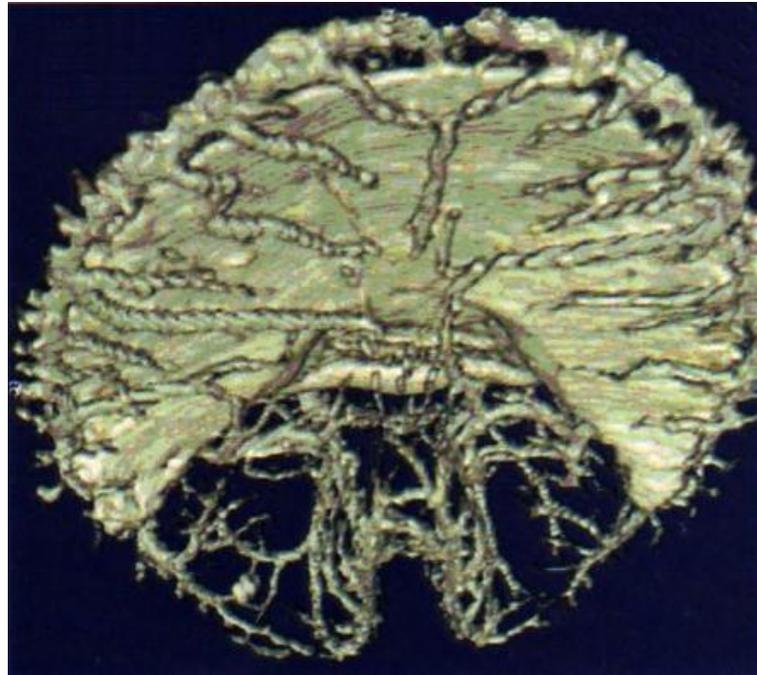
misma, para formar el arco Terminal. Este arco emite ramas que pasan por la cara dorsal de la falange para irrigar al corion de la muralla y suela. En la zona de la falange media, la vena digital palmar se encuentra por delante de la arteria mientras que el nervio digital palmar, se encuentra por detrás de la misma. (1, 5, 11).

Por su parte, la inervación del miembro está dada por los nervios palmares medial y lateral, por encima del nudo, se dividen en dos ramas, las cuales dan lugar a los nervios digitales dorsal y palmar. Normalmente aparece una tercera rama conocida como nervio digital intermedio (11).

- A. Arteria digital lateral
- B. Arteria digital medial
- C. Tendón Flexor superficial
- D. Nervio palmar medial
- E. Nervio palmar lateral
- F. Nervio digital dorsal
- G. Nervio digital intermedio
- H. Nervio digital palmar



Figura,14



Reconstrucción tridimensional del casco observado mediante tomografía computarizada con material de contraste inyectado en la circulación arterial en la imagen superior y venosa en la imagen inferior.

Figura 15

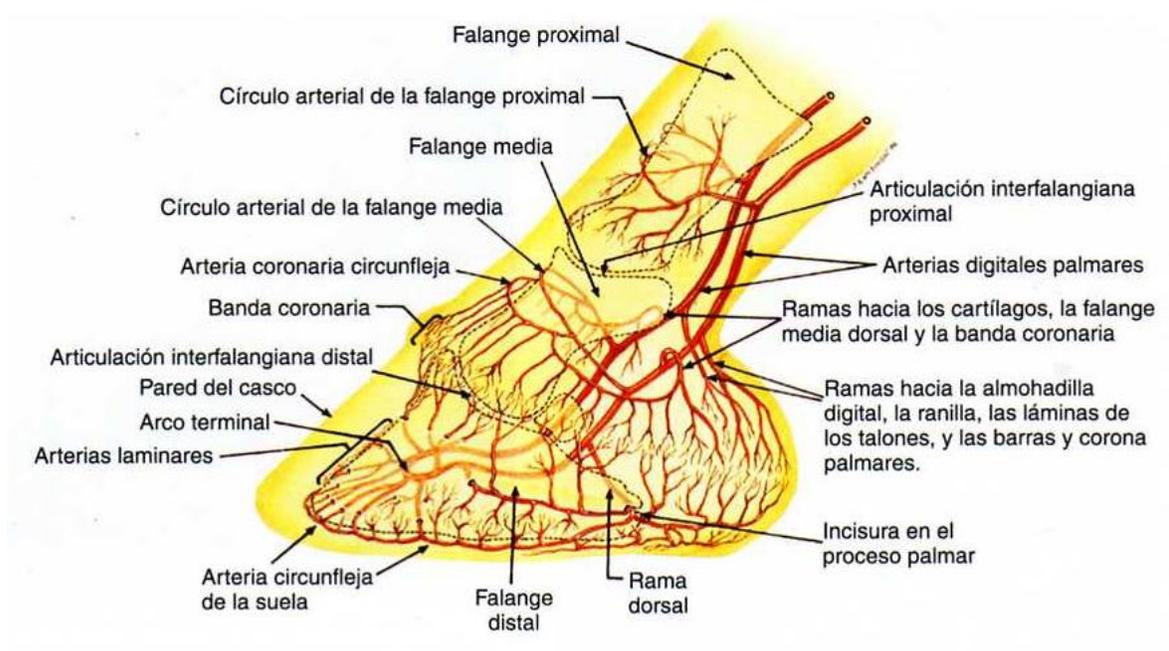


Figura 16

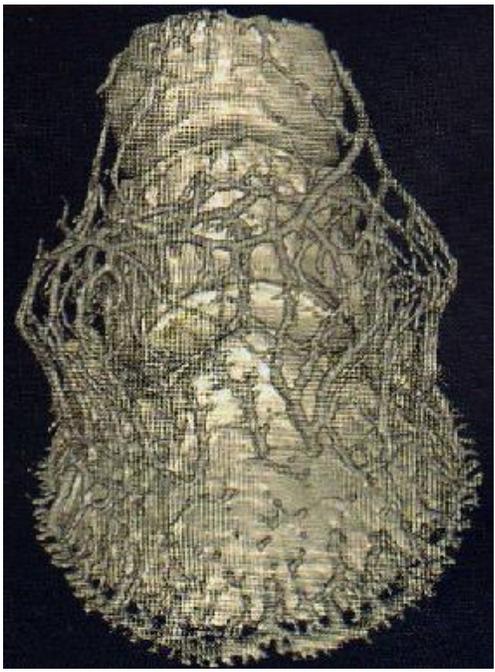


Figura 17

Reconstrucción tridimensional del casco equino observado mediante tomografía computarizada, con material de contraste inyectado en la circulación arterial

### **3.1.3 Estructuras sensitivas del casco**

Dentro de las estructuras del casco, se pueden diferenciar tanto a las no sensitivas como a las sensitivas, siendo estas últimas aquellas destinadas a soportar el peso. Las estructuras sensitivas, son tejido vascular modificado, las cuales nutren al casco y a su vez conforman al corion, también llamado pododérmis, y se divide en:

#### **3.1.3.1 Corion perióplico:**

También llamado estrato externo, tectorio o cuticular; Es un tejido delgado de material córneo blanquecino, que se encuentra en el surco perióplico por arriba del borde coronario de la muralla y se extiende hasta llegar a los bulbos, donde se va engrosando paulatinamente.

Se une a la piel mediante papilas de 1 a 2 mm de largo muy vascularizadas y orientadas de forma distal, las cuales son rodeadas por epidermis formando los túbulos córneos y cuerno intertubular. De esta manera suministra los nutrientes a las estructuras perióplicas que rodean la región superior de la muralla (5, 13, 14, 15).

#### **3.1.3.2 Corion coronario:**

También conocido como banda coronaria, estrato medio, tubular o protector; Se encuentra en el surco coronario y forma la región más dura del casco, junto con el corion perióplico conforman al rodete coronario, a partir de esta estructura se conforma la muralla, la dermis y la epidermis se interdigita formando un corion papilar.

Los túbulos córneos se forman en correspondencia con las papilas dérmicas del corion coronario. Estas papilas son más largas, aproximadamente 4 a 6 mm y gruesas que en el corion perióplico. Ni bien se originan se curvan levemente hacia abajo para disponerse en dirección paralela a la pared del casco, este

corion proporciona la mayor parte de la nutrición de la muralla y es el responsable de su crecimiento.

Por ser un tejido muy vascularizado, bajo cualquier lesión se producen profusas hemorragias. Se ha postulado que la estructura tubular de la pared del casco servía para aumentar la resistencia mecánica. Recientes investigaciones, sin embargo, indican que la resistencia mecánica es mayor en el cuerno intertubular que en los túbulos córneos. No obstante, los túbulos contribuyen a dirigir las líneas de fuerza que impactan sobre el casco, lo que lo hace más resistente a la fractura (13, 14, 15).

### **3.1.3.3 Corion Laminar:**

También conocido como estrato interno, constituye la capa más interna de la pared y contacta con el periostio de la falange distal en su cara dorsal, presenta laminillas térmicas primarias, secundarias y terciarias, que se unen con las laminillas epidérmicas interdigitadas de la muralla, la queratina en esta área es muy elástica de manera que en cada choque del casco contra el piso las laminillas se deforman, lo que ayuda a disipar la presión ejercida por todo el peso del caballo en movimiento.

Antes de llegar a la base, las laminillas dérmicas se transforman en papilas terminales cuya epidermis origina los túbulos de la línea blanca, en continuidad con las papilas y túbulos de la suela.

Este corion suministra la nutrición a las láminas dérmica y epidérmica así como al cuerno interlaminar de la línea blanca. La línea blanca, línea alba o línea del herrador, representa una zona de queratina más blanda y carente de pigmentación que, si bien se observa desde la cara solar, pertenece en realidad al espesor de la pared.

Representa la proyección distal de la región interna o laminar, incluyendo la zona más interna de la región coronaria, ambas no pigmentadas. Forma una conexión elástica pero firme entre la pared y la suela.

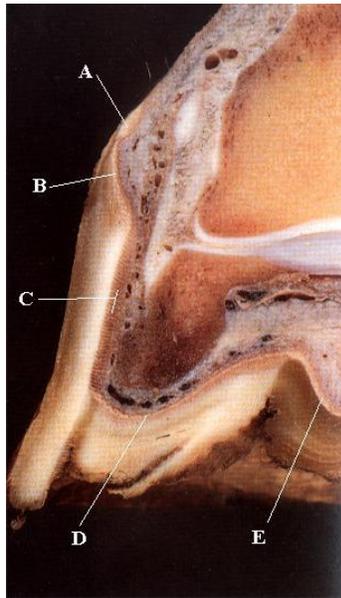
Tiene especial importancia en el herraje, pues a éste nivel pueden introducirse los clavos sin peligro de penetrar en la dermis. Tiene además importancia clínica porque puede reflejar alteraciones internas en el aparato de fijación del casco. Su coloración pálida no obedece sólo a la ausencia de pigmentación sino también a la presencia de diminutas celdillas de aire en su estructura interna (1, 5, 13, 14, 15).

#### **3.1.3.4 Corion solar:**

Está formado por papilas capilariformes que cubren la superficie interna de la suela, se originan del periostio de la falange distal. Estas se introducen en cavidades dentro de la cornificación solar y suministran la nutrición para el normal metabolismo y crecimiento de la suela, este corion, estructuralmente es muy similar al estrato medio o corion coronario, Las únicas diferencias son que aquí el cuerno es más blando, las papilas dérmicas son más largas y la hipodermis es más gruesa (1, 5, 13).

#### **3.1.3.5 Corion de la ranilla:**

También conocido como ranilla sensitiva, es similar en estructura al corion solar, por dentro está en contacto con la almohadilla digital, este corion provee la nutrición a la ranilla (1, 15).



- (A) C. perióplico
- (B) C. coronario
- (C) C. laminar
- (D) C. solar
- (E) C. ranilla

Figura 18

#### **3.1.4. Estructuras no sensitivas del casco**

Son estructuras que si bien no soportan totalmente el peso, se encargan de distribuir la carga de manera uniforme sobre el casco, el cual es la parte cornificada de la epidermis, no presenta estructuras vasculares ni inervación. Su nutrición es dada por el engranaje del corion. Y se constituye por las siguientes estructuras. (1, 2, 5)

##### **3.1.4.1 La muralla:**

Es la parte del casco visible cuando el casco apoya en el suelo y se extiende desde el borde coronario hasta el piso. (19, 20) En la parte posterior se refleja hacia adentro para formar las barras de la suela. La pared está separada de la suela por la línea blanca o línea alba. Se conforma de un 25% agua y es un epitelio cornificado. La muralla consta de tres capas.

- La capa externa, está formada por el perioplo y el estrato tectorial, el perioplo se extiende 2 a 2.5 cm. distalmente del rodete coronario, excepto a nivel de los talones donde recubre los bulbos. El estrato tectorial, es una delgada capa de escamas córneas que le da aspecto brillante a la muralla por debajo del perioplo y permite que el casco conserve la humedad.
- La capa media, constituye la parte fundamental de la muralla y es la porción dura de la misma, contiene el pigmento.
- La capa interna, es la denominada laminar, forma las laminillas epidérmicas del casco, es una capa cóncava y presenta cerca de 600 laminillas primarias, cada una con aproximadamente 100 laminillas secundarias en su superficie. Estas laminillas se entrelazan con las laminillas dérmicas antes mencionadas para mantener unido firmemente el casco. Ésta combinación de laminillas soporta la mayoría del peso del caballo.

La muralla está dividida en 4 porciones de sostén, la pinza, los hombros, las cuartas partes y los talones, la región donde se une la muralla con las barras de inflexión se conoce como “ángulo de inflexión” de la muralla (2, 5, 15, 16, 17, 18).

#### **3.1.4.2** Las barras de inflexión:

A la altura de los talones, la muralla se inflexiona de manera dorsal formando las estructuras denominadas barras, las cuales convergen entre sí y son paralelas a las lagunas laterales de la ranilla. La suela se acomoda a la curvatura interna de la muralla y al ángulo formado por ésta y las barras (18, 19).

#### **3.1.4.3** La Suela:

Constituye la mayor parte de la cara solar del casco y posee cerca de un 33% de agua. Su estructura es semejante a la de la muralla; los túbulos formados por el corion solar

se enroscan al llegar a la superficie externa de la suela, lo cual auto limita el crecimiento de la misma y provoca su exfoliación. Esta estructura soporta el peso del cuerpo sin contactar con el suelo (5, 13).

#### 3.1.4.4 La ranilla:

También conocida como candado, es una masa en forma de cuña o “V” que ocupa el ángulo limitado por las barras y la suela en el centro de la palma, forma parte del sistema fibroelástico que desempeña un papel importante en la circulación sanguínea de retorno del casco, además de amortiguar el impacto al paso. Es de consistencia blanda y presenta un 50% de agua. Está dividida en 3 partes (2, 13, 15, 18):

- Ápex, ápice o punta, corresponde al ángulo anterior.
- Base, correspondiente al extremo posterior.
- Sustentáculo, Borde saliente central de la superficie interna.

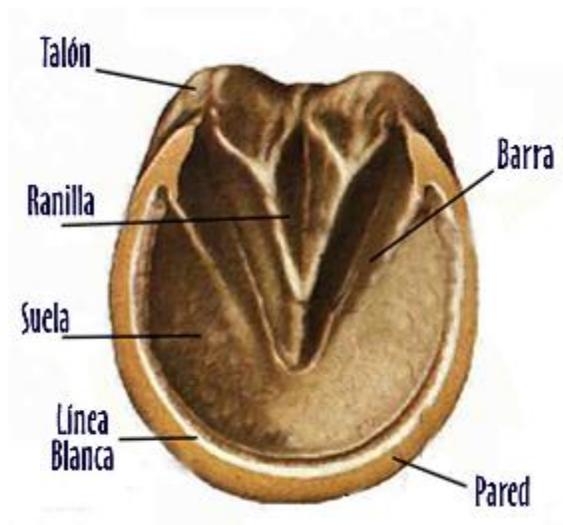


Figura 19

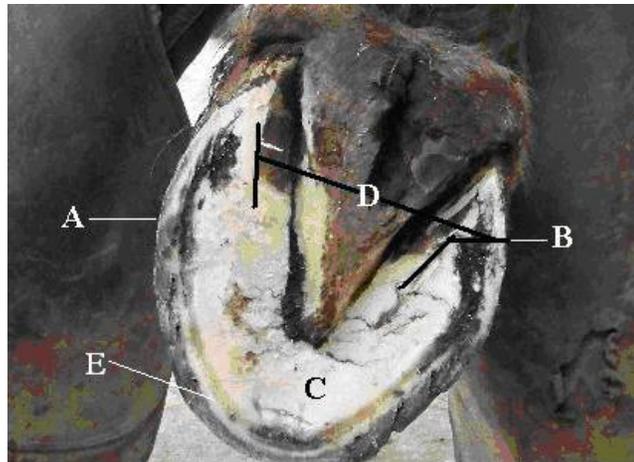


Figura 20

(A.- Muralla, B.- Barras de inflexión, C.- Suela, D.- Ranilla, E.- Línea blanca)

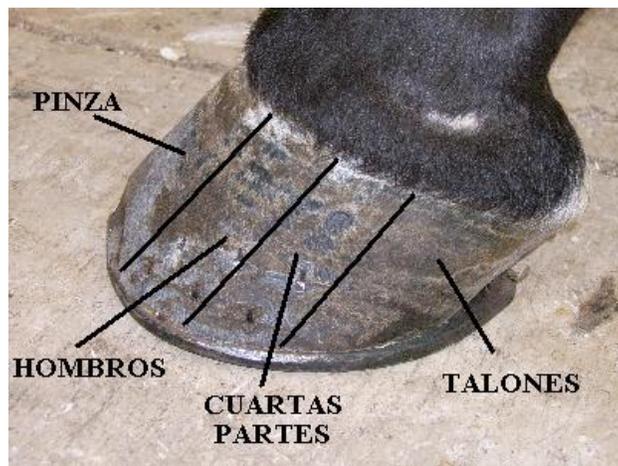


Figura 21

### 3.1.5 Articulaciones

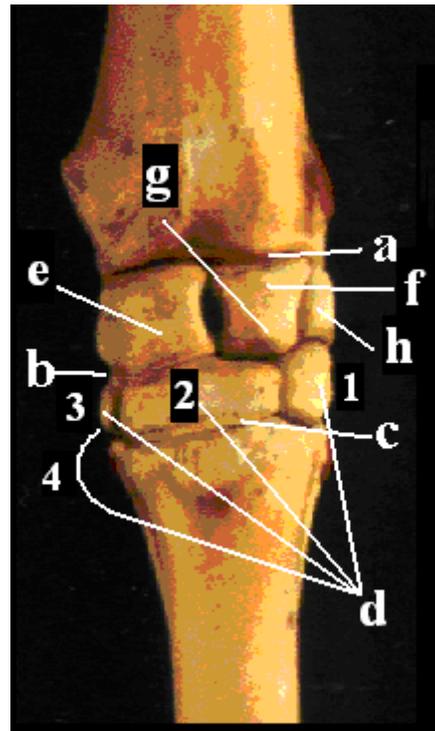
- Articulación escapulo-humeral
- Articulación Humero radial
- Articulaciones carpianas.

### 3.1.5.1 Articulaciones carpianas

Estas articulaciones se caracterizan por que durante la progresión, disminuyen en forma considerable la concusión. Los diferentes huesos de estas articulaciones, se mantienen juntos por una compleja serie de ligamentos (2, 13, 15, 18).

Las lesiones sobre estas articulaciones son muy frecuentes, y en particular sobre los huesos: carpo-radial, intermedio y tercer carpiano.

- a. Articulación radiocarpiana
- b. Articulación intercarpiana
- c. Articulación carpometacarpiana
- d. Carpo 1, 2, 3 y 4
- e. Carpo radial
- f. Carpo intermedio
- g. Carpo accesorio
- h. Carpo ulnar



Vista dorso palmar

Figura22

### 3.1.5.2 Articulaciones tarsianas

Al igual que el carpo, el tarso se conforma de varios huesos, no obstante la movilidad de estos es muy reducida, la permanente flexión parcial de los mismos es un mecanismo que ayuda a reducir los efectos de la concusión sobre el miembro (2, 13, 15, 18).

- a. Articulación tibiotarsiana
- b. Articulación intertarsiana,  
Proximal y distal
- c. Articulación tarsometatarsiana

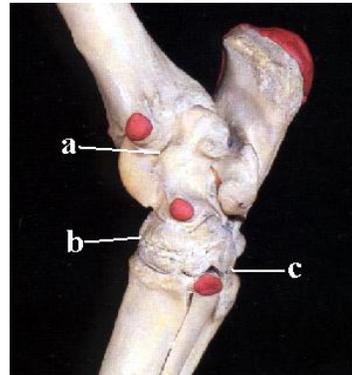


Figura 23

### 3.1.5.3 Articulación metacarpo-falángica

Esta articulación, tiene el mayor efecto contra concusiones. El aparato de sostén permite a esta altura, cambiar la dirección de las fuerzas y redistribuir las presiones ejercidas así como el peso, el cual se dirige hacia delante a partir del extremo distal del metacarpo, en lugar de que se prolongue hacia el suelo de manera vertical (2).

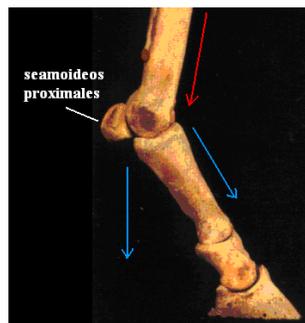


Figura 24

#### 3.1.5.4 Articulación interfalángica proximal

Esta articulación es la menos móvil de las articulaciones interfalángicas, la acción anticoncusiva es muy escasa, sin embargo, juega un papel muy importante en el momento de la propulsión, debido a que aún siendo muy poco flexible, ayuda a la distribución del esfuerzo con la cuartilla durante la propulsión (2, 13).

A su vez, después de la extensión del miembro y de el estiramiento sufrido por las articulaciones, al alinearse el miembro justo antes de tocar el suelo, se da una compresión que provoca una fuerte unión entre los huesos, provocando una enorme fuerza y resistencia para el impacto, el cual como ya se ha mencionado, desciende por la rodilla, el menudillo y es ahí donde se redistribuye gracias al aparato de soporte.

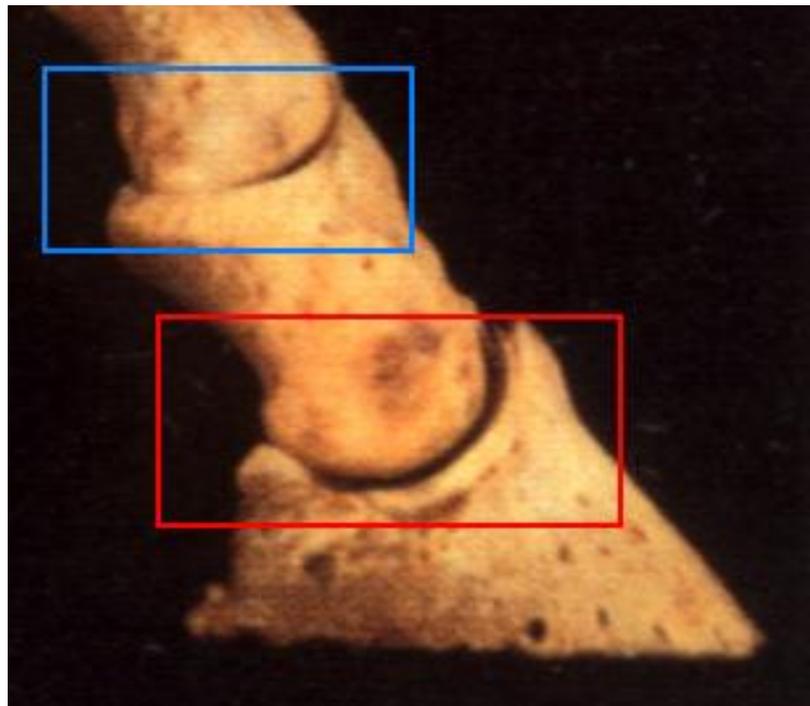


Figura 25

(En azul Art. Interfalángica proximal y en rojo Art. Interfalángica distal)

### **3.1.5.5** Articulación interfalángica distal

Esta articulación está constituida por la falange distal y falange media así como el sesamoideo distal, también conocido como hueso navicular. Esta articulación tiene mayor grado de elasticidad y movilidad debido a la ubicación del hueso navicular, presentando también una considerable acción anticoncusiva.

### **3.1.6** Aparato de sostén

Este aparato colabora en el mantenimiento del animal en estática, en el soporte del menudillo, disminuye la concusión y previene la excesiva hiperextensión y dorsiflexión de las articulaciones metacarpo-falángicas e interfalángicas proximal y distal.

En el miembro anterior, se encuentran las siguientes estructuras, las cuales serán mencionadas en orden distal a proximal.

#### **3.1.6.1** Ligamento ínter sesamoideo

Esta estructura, ocupa el lugar entre los huesos sesamoideos, de manera tal que constituye un paso para los tendones flexores.

#### **3.1.6.2** Ligamentos sesamoideos colaterales

Tanto el ligamento lateral como el medial, se originan de las caras abaxiales de los sesamoideos y continúan hacia adelante hasta insertarse en la epífisis distal del tercer metacarpiano así como en la epífisis proximal de la falange proximal.

#### **3.1.6.3** Ligamento suspensorio del menudillo

También llamado ligamento ínter óseo, nace en la cara posterior de la epífisis proximal del tercer metacarpiano, y de la fila distal del carpo.

Este ligamento desciende en contacto con la cara palmar del tercer metacarpiano y a la altura del tercio distal del mismo, se bifurca, cada rama resultante se inserta en la cara abaxial del sesamoideo correspondiente y una porción continúa de manera oblicua y dorso-distalmente, hasta alcanzar la superficie dorsal de la falange proximal, donde se une al tendón del músculo extensor digital común (2, 13, 15, 18, 19, 20, 21).

#### **3.1.6.4 Ligamentos sesamoideos distales (2, 13, 18)**

##### **a. Ligamento sesamoideo superficial**

También llamado ligamento sesamoideo recto, se origina de la base de los sesamoideos y del ligamento intersesamoideo, se inserta por la cara dorsal de la falange media.

##### **b. Ligamento sesamoideo medio**

También llamado ligamento sesamoideo oblicuo, se origina de la base de los sesamoideos y del ligamento intersesamoideo, se inserta por la cara palmar de la falange proximal.

##### **c. Ligamento sesamoideo profundo**

También llamado ligamento sesamoideo cruzado, consiste en dos capas fibrosas originadas de la base de los sesamoideos, se entrecruzan hacia el lado opuesto, insertándose en la cara plantar de la falange proximal.

#### **3.1.6.5 Ligamentos sesamoideos cortos.**

Son bandas cortas de tejido ligamentoso originadas por la parte anterior de la base de los sesamoideos y se insertan en el margen posterior de la superficie articular de la epífisis proximal de la falange proximal (2, 13).

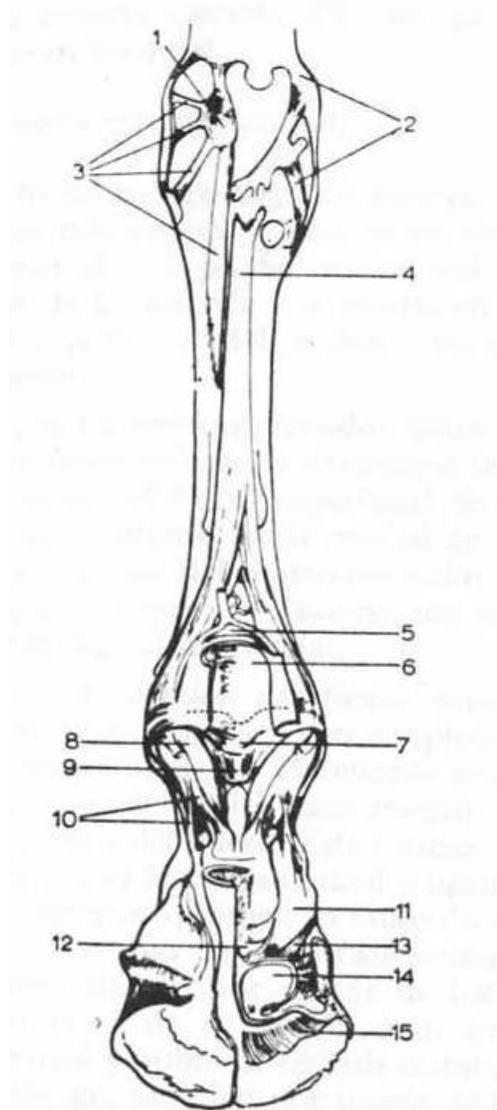


Figura 26

(esquema: 1) carpo accesorio; 2) ligamento colateral medial carpiano; 3) ligamentos del carpo accesorio; 4) ligamento suspensorio del menudillo; 5) divertículo de la articulación metacarpo-falángica; 6) ligamento anular palmar del menudillo; 7) ligamento intersesamoideo; 8) ligamento sesamoideo distal medio; 9) ligamentos sesamoideos superficiales; 10) ligamentos palmares de la articulación de la cuartilla; 11) ligamento colateral medial de la cuartilla; 12) divertículo de la articulación Interfalángica proximal; 13) ligamento suspensorio del sesamoideo distal; 14) Superficie flexora del sesamoideo distal; 15) inserción del tendón flexor digital profundo.)

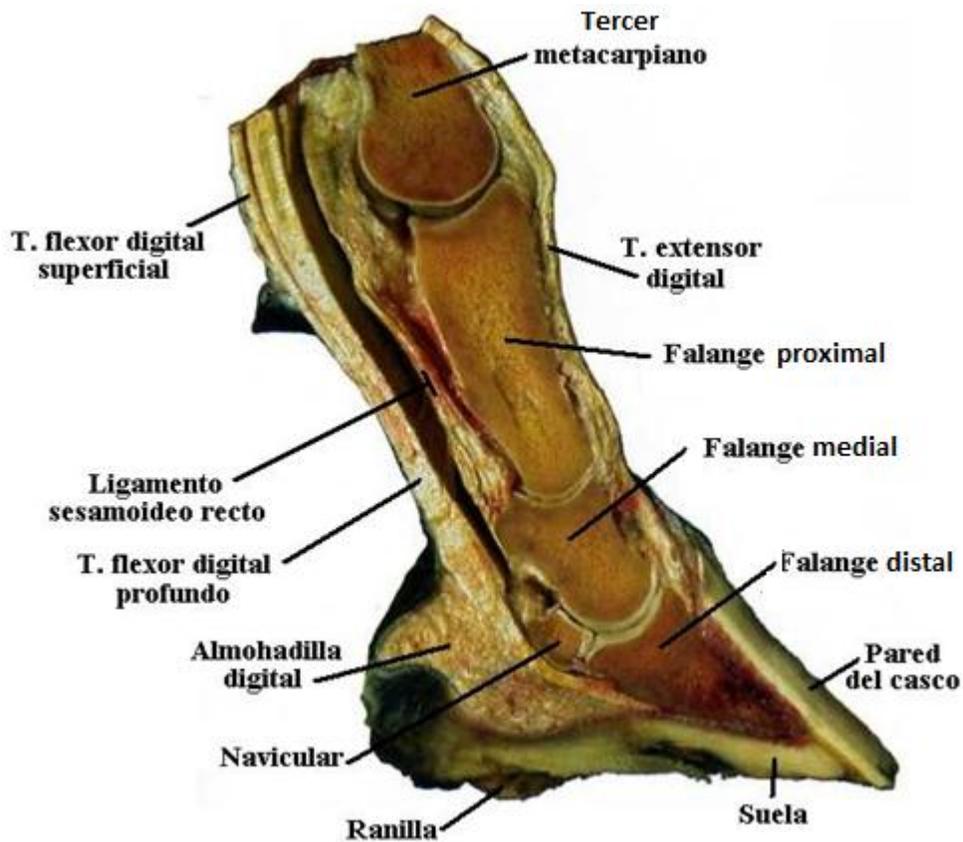


Figura 27

### 3.1.6.6 Tendones

- Tendón extensor digital común.

Se origina en los músculos que se encuentran proximales a los carpos y posteriormente se inserta en la apófisis extensora de la falange distal.

- Tendón extensor digital lateral.

Se origina del músculo extensor en el área proximal del metacarpo y se inserta en la falange media.

- Tendón del músculo extensor carpo radial

Se origina de la cresta condiloidea lateral del húmero, de la fascia coronoidea, de la fascia profunda del brazo y antebrazo así como del septo intermuscular entre este músculo y el extensor común y se inserta en la tuberosidad metacarpiana (19).

### **3.1.6.7** Ligamento frenador radial o superior

También se le conoce como brida radial, cabeza radial del flexor superficial. Nace en el borde existente hacia medial de la cara caudal y por debajo del centro del radio, y en las cercanías de los carpos se fusiona con el tendón del flexor digital superficial (2, 13, 17, 19)

### **3.1.6.8** Tendón flexor superficial

Se origina del músculo flexor digital superficial en el epicóndilo medial del húmero, se inserta en las eminencias de la epífisis proximal de la falange media, por detrás de los ligamentos colaterales de la articulación interfalángica proximal y sobre la epífisis distal de la falange proximal, también por detrás de los ligamentos colaterales (2, 13)

### **3.1.6.9** Ligamento frenador inferior

También conocido como ligamento frenador carpiano o brida carpiana, nace del ligamento posterior del carpo, para después unirse con el tendón del flexor profundo a la altura del tercio proximal del tercer metacarpiano (2).

### **3.1.6.10** Tendón flexor digital profundo

Se origina del músculo flexor digital profundo situado en la superficie caudal del radio, se inserta en la cresta semilunar de la falange distal y en la superficie adyacente de los cartílagos colaterales de la misma.

Ya examinado el aparato de sostén del miembro anterior, se procederá al miembro posterior, tomando en cuenta que las estructuras antes mencionadas que comprenden desde el ligamento ínter sesamoideo hasta los ligamentos sesamoideos cortos se consideran también en miembro posterior incluyendo además las siguientes estructuras (2, 13, 17, 18, 19):

### **3.1.6.11** Músculo peroneus tertius

Músculo casi exclusivamente tendinoso, se origina en la fosa extensora del fémur e inmediatamente antes de su inserción se divide en ramas dorsales y laterales. Las dorsales se insertan en el extremo proximal del tercer metatarsiano, mientras que las laterales, lo hacen lateralmente sobre la tibia, los tarsos y tercer y cuarto metatarsianos.

### **3.1.6.12** Tendón del músculo flexor digital profundo

Las tres cabezas de este músculo se unen en un tendón único, el cual se inserta en la cresta semilunar de la falange distal y superficies adyacentes de los cartílagos colaterales.

### **3.1.6.13** Ligamento frenador del tarso

Nace del tejido ligamentoso de la cara latero plantar del tarso y se une con el tendón flexor profundo por debajo de las articulaciones tarsianas.

### **3.1.6.14** Tendón del músculo flexor digital superficial

Se inserta sobre el hueso calcáneo y sobre las eminencias laterales del extremo proximal de la falange media y el extremo distal de la falange proximal, por detrás de los ligamentos colaterales de la articulación interfalángica proximal.

## **3.1.7** Aparato suspensorio del menudillo

Es la porción del aparato de sostén que soporta al menudillo previniendo los descensos excesivos. Los elementos que le constituyen se extienden distalmente desde el carpo, en el miembro anterior, y desde el tarso en el posterior. Estas estructuras mencionadas son las siguientes:

Ligamento suspensor, huesos sesamoideos, ligamento intersesamoideo, ligamentos sesamoideos distales y cortos así como los tendones de los flexores superficial y profundo (2, 13).

### 3.2 Fisiología

#### 3.2.1 Fisiología y biomecánica del casco

Durante la evolución del caballo, se dieron muchos cambios morfo-funcionales en sus extremidades, partiendo desde la presencia de varios dedos que fueron desapareciendo con el paso de la evolución, hasta lo que hoy en día conocemos como el casco equino. La elevada especialización que hoy se observa en el casco, derivada de la evolución como ya se mencionó, es resultado de la adaptación al entorno, y a la necesidad de huída característica de este animal. En el proceso evolutivo, conforme los dedos desaparecían paulatinamente, la presión sobre el miembro afectaba de manera diferente en cada adaptación, poco a poco solo fue quedando un dedo, el cual se alargó y es lo que ahora conocemos como pata de caballo. Esto llevó a que este único dedo fuese sometido a un mayor esfuerzo (2, 13). Muy someramente, se puede decir que el paso consta de 5 fases, primero el casco aterriza, inmediatamente se planta en el suelo para después permitir que el menudillo descienda, por consiguiente el miembro entero cambia su ángulo provocando que el menudillo se extienda, y casi al mismo tiempo el casco rompa el paso para después flexionarse por el menudillo y levantarse del suelo, y repetir esta acción cuantos pasos de el animal (2, 13, 20, 21).



Figura 28

Sin embargo, por muy convincente y lógico que pueda parecer, faltan detalles que envuelven la fisiología y la biomecánica del casco, extremadamente necesarios para poder entender la complejidad intrínseca de la progresión. Por esto mismo, a continuación se describe de manera detallada el proceso.

La ranilla es la almohadilla del casco y constituye la estructura con mayor elasticidad de éste. Cuando el casco desciende hasta el suelo, su primer punto de contacto es a la altura de los talones por detrás del área correspondiente a la altura donde se encuentra la falange distal, después del primer contacto, el casco se asienta totalmente en el suelo, y distribuye la presión y fuerza del impacto expandiendo los talones de 2 a 3 mm, de manera lateral, de esta manera se reduce la concusión (21, 22).

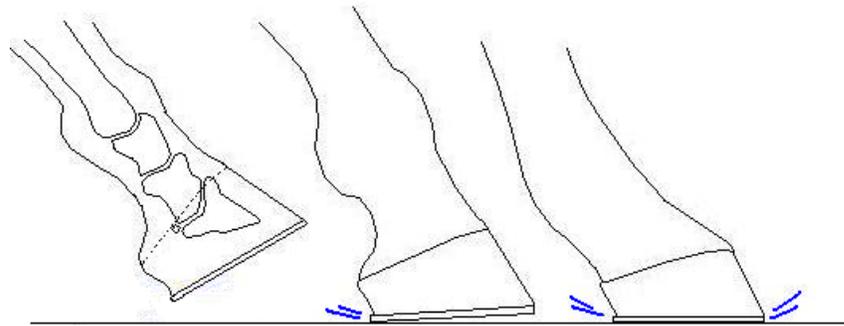


Figura 29

En condiciones normales durante el primer contacto en los talones, la ranilla desplaza hacia arriba su sustentáculo, actuando de esta forma como una cuña que ejercerá presión sobre la almohadilla digital, provocando en ella una expansión principalmente hacia afuera, debido a las limitantes anatómicas en las que está circunscrita (23).

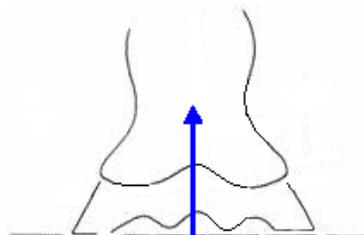


Figura 30

Una vez plantado el casco, se da un deslizamiento aproximadamente de una y media a cuatro pulgadas (dependiendo trote, galope) al mismo tiempo que el menudillo descende y la falange media provoca la expansión de la almohadilla digital, de esta forma la presión ejercida sobre los huesos, ligamentos y tendones durante la dorsiflexión del menudillo, es parcialmente atenuada por el deslizamiento del casco, provocando durante el deslizamiento del casco y el descenso del menudillo un ángulo continuo y óptimo de tensión sobre estas estructuras (2, 13, 23).

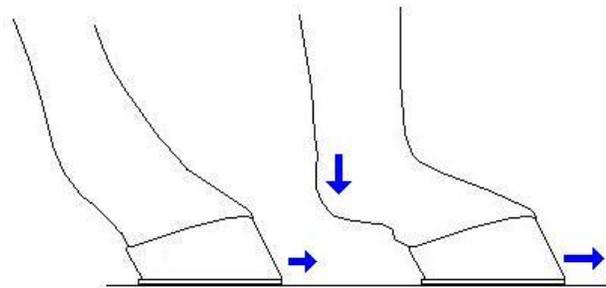


Figura 31

La expansión lateral de la almohadilla digital, ejerce a su vez presión sobre los cartílagos colaterales de la falange distal, los cuales al expandirse hacia fuera comprimen las venas del plexo coronario, dando como resultado un bombeo sanguíneo hacia proximal del miembro, cumpliendo una función de válvula, de la cual carece este paquete venoso (debido a este proceso, se dice que las ranillas son los corazones de los cascos). A su vez, cuando el casco contacta el suelo, esta misma presión ejercida por los cartílagos colaterales de la falange distal sobre el plexo coronario, retiene parcialmente la sangre contenida en el lecho vascular del casco, formando un amortiguamiento “hidráulico” para la falange distal, que a su vez funciona como reductor de la concusión (21, 24).

La articulación metacarpo-falángica, durante el descenso del menudillo, es la que presenta mayor esfuerzo. Esta presión se traduce en la tensión que reciben las estructuras elásticas de la articulación, principalmente el flexor digital superficial, el ligamento suspensorio del menudillo y el flexor digital profundo (23, 25).

Tanto el menudillo (sesamoideos proximales) como el hueso navicular (sesamoideo distal) funcionan junto con los dos tendones y el ligamento antes mencionados, como un sistema de poleas. De manera tal, que al descender el menudillo con la cuartilla, el tendón flexor superficial y el ligamento suspensorio del menudillo son los que reciben la mayor parte de la tensión, al sostener el correcto ángulo de descenso, sin embargo el ligamento suspensor del menudillo relaja la tensión originada por el hueso navicular, debido a la tensión agregada por los sesamoideos proximales.

Es un proceso que aunado al efecto anticoncusivo procedente de la presión ejercida por parte de la falange media con la almohadilla digital, redirecciona, libera y distribuye junto con los demás procesos de expansión y deslizamiento, la presión y la fuerza generadas (2, 13, 25).

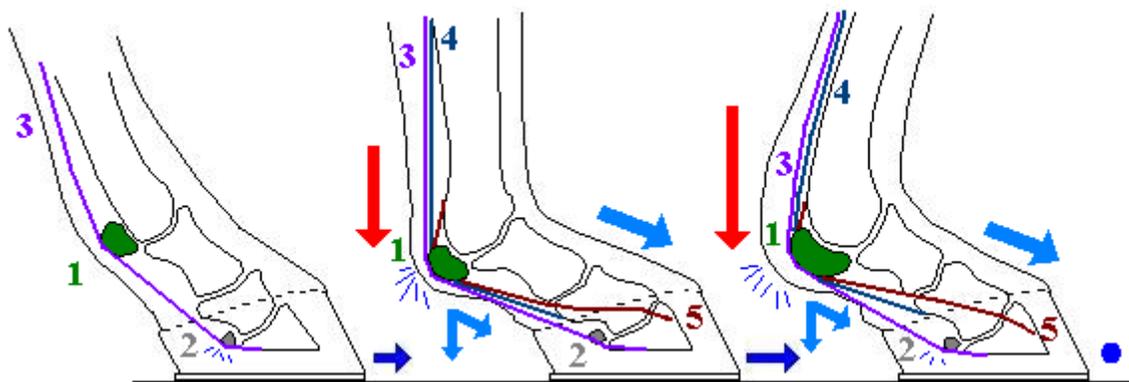


Figura 32

(Estructuras: 1) sesamoideos proximales; 2) hueso navicular; 3) Flexor digital profundo; 4) Flexor digital superficial; 5) Ligamento suspensorio del menudillo)

Ya que el casco se plantó en el suelo, deslizó, el menudillo descendió y el cuerpo del animal ha avanzado al momento cercano a la hiperextensión del siguiente miembro próximo al paso. El miembro aplomado se prepara para iniciar una nueva progresión. Este proceso es provocado por la acción de tiro por parte de los flexores digital superficial y digital profundo, así como del ligamento suspensorio del menudillo, aunado al ángulo corporal, los cuales comienzan a levantar al menudillo hasta realinearlos con su eje podofalángico.

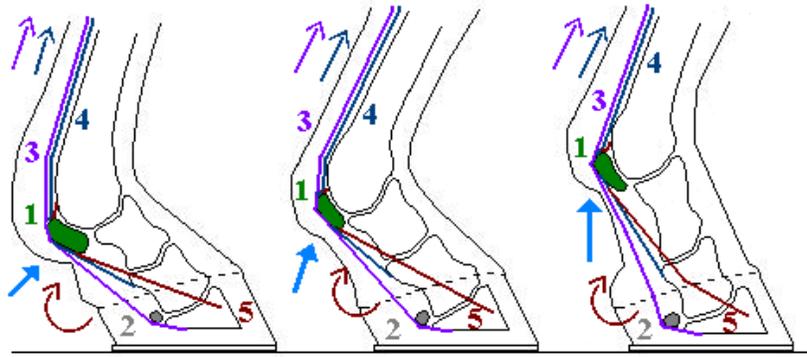


Figura 33

(Estructuras: 1) sesamoideos proximales; 2) hueso navicular; 3) Flexor digital profundo; 4) Flexor digital superficial; 5) Ligamento suspensorio del menudillo)

Por acción del ángulo corporal en continuo cambio resultado de la dinámica. Una vez realineado el eje podofalángico, los flexores digitales y el ligamento suspensorio, comienzan propiamente con la flexión (dorsiflexión) caudal del menudillo, al romper dorsalmente el eje podofalángico, el casco comienza a romper el paso hacia la pinza, recorre toda su superficie palmar/plantar hasta finalmente separarse del suelo; En ese momento la acción del flexor digital profundo, flexiona a la cuartilla y al menudillo en sincronización con la rodilla en miembros anteriores y el corvejón en posteriores (2, 13, 23, 25).

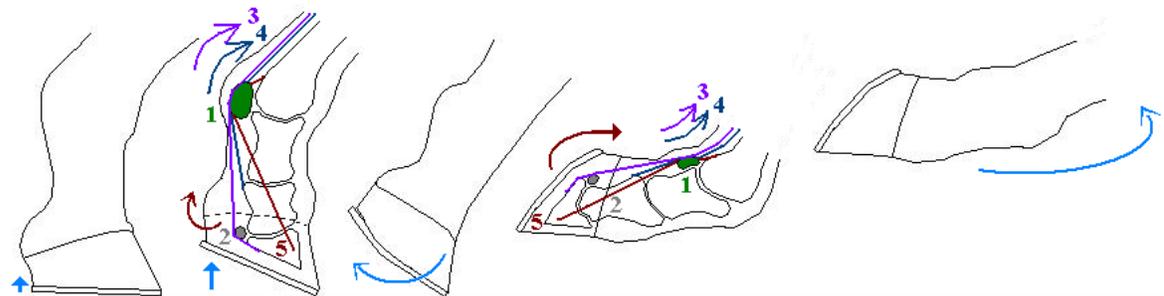


Figura 34

(Estructuras: 1) sesamoideos proximales; 2) hueso navicular; 3) Flexor digital profundo; 4) Flexor digital superficial; 5) Ligamento suspensorio del menudillo)

Una vez flexionado el miembro, continúa avanzando hacia delante y comienza un proceso de extensión, provocado por los tendones extensores digital común y digital lateral; una vez extendido el miembro, la misma dinámica de la extensión produce una “separación” (extensión parcial) articular de los huesos, que inmediatamente es corregida por acción de los

ligamentos y tendones, provocando así lo contrario, una fuerte unión articular que brinda gran fuerza y soporte al miembro durante su descenso, sin embargo el tendón extensor común, mantiene el ángulo del casco levantado, para de esta forma buscar el primer punto de contacto con el suelo justamente en los talones, y así desencadenar el proceso inicialmente mencionado (2, 25)

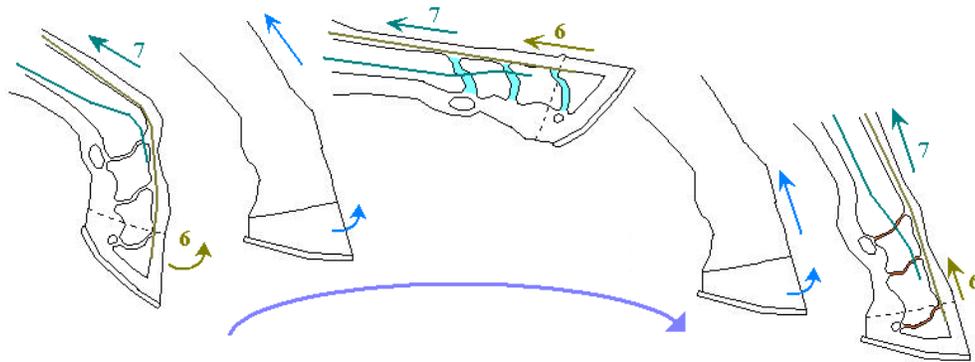


Figura 35

(Estructuras: 6) Tendón extensor común; 7) Tendón extensor lateral)

## Capítulo 4

### La herradura deportiva; materiales, modelos y dispositivos más comunes

Existe una amplia variedad de modelos de herraduras en el mercado, de diferentes materiales y con diferentes finalidades; en el ámbito de las carreras se utilizan herraduras de aluminio principalmente con el propósito de reducir el peso en los miembros debido a lo ligero del material, así mismo se siguen utilizando en mucho menor proporción las herraduras de carreras de acero, las cuales aún cuando pesan un poco más que las anteriores, de igual manera son muy ligeras y se prestan para la carrera (2, 3, 4).



Modelos de herraduras, Colección privada

Figura 36

La diferencia más clara entre ambos materiales estriba en el manejo que se les puede dar, siendo así que modificar una herradura de aluminio no necesita ni mucho tiempo ni mucho

esfuerzo a diferencia que el acero, debido a que el aluminio es manejado preferentemente bajo la técnica en frío y sus aditamentos ya vienen integrados y normalmente forman parte de una sola pieza (6, 8). Por otro lado el acero debe estar a temperaturas altas en una fragua para poder ser modificada propiamente, tal y como los dispositivos con los que puedan contar estas herraduras, los cuales deben realizarse en su mayoría por aparte y posteriormente ser soldados a la misma (8, 9, 10).



(Izq. Herradura salida de la fragua. Der. Herradura de aluminio)

Figura 37

Se pueden encontrar en el mercado muchos modelos de herraduras de carreras con diferencias aparentemente pequeñas pero que son esenciales para el tipo de carrera que el caballo desempeñará, hay desde herraduras totalmente planas con solamente un pequeño riel para las claveras, hay otras con un riel general que permite dos desembocaduras en los extremos de la misma, también hay herraduras con diferentes dispositivos integrados de diferentes dimensiones y formas, hasta llegar a las herraduras deportivas que cumplen algún tratamiento podológico como lo son la herradura de huevo de aluminio, la herradura de candado de acero o aluminio, la herradura de balance natural con o sin diamante/garra y muchas otras más (9, 16, 26), de las cuales se exponen las más comúnmente utilizadas en caballos de carreras que

no sufren afecciones podológicas así como los dispositivos de tracción más utilizados en la raza Pura sangre inglés en México.

#### **4.1 Herradura de aluminio modelo plate/plain:**

Es una herradura plana y sencilla con riel corrido (27, 28).



Figura 38

#### **4.2 Herradura de aluminio modelo Outer rim:**

Diamante de 2 mm. para mejorar la tracción para caballos Pura sangre inglés (27, 28).



Figura 39

#### **4.3 Herradura de aluminio modelo Low Toe:**

Diamante/garra de 4mm para incrementar la tracción para caballos Pura sangre inglés (27, 28).



Figura 40

#### **4.4 Herradura de aluminio modelo Regular Toe:**

Garra de 6 mm. para incrementar más la tracción para caballos Pura sangre inglés y Cuarto de milla (27, 28).



Figura 41

#### 4.5 Herradura de aluminio Block Heel:

Garra y ramplones que van desde los 4 mm hasta los 8 mm. Con el fin de incrementar la tracción tanto en el arranque como en la curva, para caballos Pura sangre inglés y Cuarto de milla (27, 28).



Figura 42

#### **4.6 Herradura de acero Hind Block;**

Garra de 0.8 - 1 cm con o sin ramplón, para incrementar la tracción en el arranque y en la curva, para pura sangre inglés (27, 28).



Figura 43

## Capítulo 5

### **La importancia de un buen herraje así como la selección de la herradura más adecuada.**

El herraje debe ser utilizado principalmente para facilitar la tracción, cuando la función zootécnica del caballo deriva en un marcado desgaste del casco, o cuando es necesario prever o corregir anomalías en el desplazamiento. (5).

Por lo general, el herraje de los caballos obedece más a la tradición que a principios científicos, y ésta es, con toda probabilidad, la causa por la cual el mejoramiento del herraje fue tan lento. (1, 2, 5), El balance que se aplica en el herraje, se puede definir como el limado y calzado del casco con el fin de alinear la base de apoyo lo más cercano al centro de gravedad del miembro, en general se lima el casco para alinear el centro de gravedad y se calza para alinear y dar soporte al centro de gravedad del menudillo también (7).

En el ámbito de las carreras de caballos en México, desde hace muchos años la forma de herraje ha sido aquella llamada “en frío”, dado su bajo costo y el poco tiempo que se invierte con este método, se ha convertido con el paso del tiempo, en la elección primordial por parte de muchos herradores.

Cabe mencionar que dentro de sus ventajas y desventajas, al no utilizar herraduras de acero sino de aluminio, la adaptación de la herradura al casco, se convierte en un ejercicio mucho más sencillo, dado que por ser un material, liviano y maleable, con una simple plantilla, un martillo y sin aplicar la fuerza y cuidado que se aplica en el acero recién salido de la fragua, se puede sin problema alguno adaptar ciertas dimensiones de la herradura al casco (4, 10). Sin embargo, el margen de error es mayor con este método que con el método “en caliente”, debido a que al asentar la herradura en frío, por mucho que se haya intentado adaptar la forma interna de la herradura así como su linealidad con el casco, comúnmente puede cometerse el error, por mínimo que sea, de dejar alguna parte del casco sin un apoyo perfectamente asentado, y esto puede ser en algunos casos, un motivo para que se presenten cuarteaduras o ciertos puntos prematuros de contacto.



Figura 44

(Izq. Técnica en frío, la herradura se posiciona manualmente para comprobar que quede ajustada de acuerdo al casco, Der. Técnica en caliente, la herradura es parcialmente enfriada en agua al salir de la fragua y utilizando la araña, se posiciona para buscar que el calor de la herradura empareje la superficie previamente escofinada para un óptimo asentamiento de la herradura)

Por el contrario, al herrar en “caliente” empleando acero, al asentar la herradura y por ende quemar la capa córnea que conforma la tapa de la suela del casco, es muy probable que la herradura asiente en su totalidad, impidiendo así, cualquier punto sin apoyo que pueda resultar en lesiones a la muralla. No obstante, muchos caballos jóvenes, no acostumbrados a la herradura “en caliente” pueden reaccionar violentamente comprometiendo tanto su integridad física como la de los individuos cercanos en ese momento (7, 10). Desde el que le sujeta (dado que el caballo de carreras en su mayoría presenta tal nerviosismo, que “colgarlo a la pared” solo conlleva a un accidente), así como el herrador, ayudantes etc.

Es muy importante aclarar que los caballos de carreras preferentemente utilizan herraduras de aluminio, dado que es un material como se comentó anteriormente, liviano y maleable, sin embargo, se debe de ser muy cuidadoso en no utilizar herraduras demasiado delgadas y

livianas, ya que eso también afecta el paso del caballo y deforma considerablemente a la herradura, la cual no podrá cumplir con su función.



Figura 45  
Herraduras de aluminio

Así las cosas, dentro del proceso del herraje, sea cual sea el método que se llegue a emplear, siempre debe de ser enfocado a un buen balance del casco, así como a ayudar al

caballo a desempeñar su función zootécnica de la manera más confortable posible; por lo tanto es menester hacer énfasis en la preparación del casco, en el método de herraje a seguir y en el tipo de herradura a utilizar, siempre con miras de prevenir y beneficiar tanto a la salud, integridad física y óptimo desempeño del caballo así como el aspecto económico que atañe al propietario del animal (16, 29).

Para poder conservar sanos los cascos del caballo, primero se tiene que atender celosamente la calidad del desvase de la suela, el óptimo recorte, buen escofinado y por último el tipo de herradura más adecuada, de manera tal que siempre acorde a las características del casco pero lo más apegado posible a la idea del perfecto balance que en cada animal se presenta de forma única, ya sea de acuerdo al eje podofalángico como al resto del cuerpo, se debe buscar la forma de promover en el caballo un buen aplomo, un buen andar sin alcances, para poder llegar a brindarle la comodidad necesaria para el desempeño de su función.



Figura 46

(Izq. Desvase, centro, Recorte, Der. Escofinado)

Para escoger la herradura más adecuada, se deben de tener en cuenta varios factores, los cuales se dividen en: intrínsecos y extrínsecos; estos primeros se refieren al caballo en sí, desde su talla, raza, calidad de cascos y andares así como su función zootécnica, que en este caso se

refiere al tipo de carrera que realiza, ya sea de furlongs o de milla en Pura Sangre Inglés, en las cuales se requiere de herraduras que aporten buena tracción de avance y que simultáneamente prevengan deslizamientos abruptos o de yardas como en la raza Cuarto de Milla, en las cuales se requieren dispositivos de tracción de arranque dada la enorme potencia con la que desarrollan la carrera (7, 29).

Los segundos factores, los extrínsecos se refieren primordialmente al tipo de pista, si es una pista de amplias curvas o si son muy cerradas, las condiciones en las que se encuentra la pista, ya sea lodosa, rápida, encharcada, lenta o pesada, así como el material de la cual está compuesta, como por ejemplo desde simple tierra aflojada o césped, hasta los nuevos materiales anticompactantes que se están empezando a utilizar en Estados Unidos y en algunos carriles de nuestro país; En segundo plano también refieren a las condiciones ambientales en las cuales se va a desarrollar la carrera y por último, pero no menos importante, a la inversión que el propietario esté dispuesto a hacer en el caballo dependiendo del tipo de herradura, debido a que en el mercado existe una vasta gama de herraduras de diversos diseños, materiales y funcionalidades, las cuales por obvias razones poseen un valor directamente proporcional a la calidad del material, dispositivos con los que cuentan y la funcionalidad que ofrecen (2, 7).

## **Capítulo 6**

### **Objetivo**

#### **Objetivo general:**

Determinar los pros y contras referidos por los especialistas, sobre los dispositivos de tracción utilizados en caballos de alto rendimiento (carreras) de la raza pura sangre inglés.

#### **Objetivo particulares:**

Con el fin de que tanto los propietarios como los entrenadores conozcan con más amplitud el uso correcto de estos dispositivos y las circunstancias en las que pueden ser utilizados.

Siempre con miras a mantener la integridad física del caballo, que redundará en una mayor rentabilidad, tanto de la inversión (adquisición del ejemplar), como de los posibles productos y así alcanzar el óptimo rendimiento deportivo, a la luz de la ciencia.

## Capítulo 7

### Discusión

El conocimiento científico actual del casco no es suficiente para explicar correctamente muchas de las prácticas comunes en el tratamiento de éste y de las herraduras. Lejos de introducir innovación y conocimientos nuevos, la ciencia del casco se esfuerza con frecuencia en explicar incluso aquellas cosas que son bien aceptadas por mucha gente. Esta situación es el resultado del conocimiento y la experiencia históricos que se han creado con el tiempo, en general fuera de todo contexto científico formal. Como consecuencia, en muchas áreas, el conocimiento científico se queda atrás del conocimiento convencional.

El campo general de la biomecánica trata sobre la aplicación de la teoría mecánica a los sistemas biológicos. Debido a que el casco es el punto principal de interacción mecánica entre el caballo y su medio ambiente, tiene funciones mecánicas muy importantes de apoyo y amortiguamiento (2). La biomecánica del casco se ocupa del análisis mecánico del casco y de los efectos mecánicos de las modificaciones hechas en él, no es de extrañarse que deba ligarse a ello un estudio completo y profundo sobre los métodos y técnicas del herraje en caballos de alto rendimiento.

Desde hace mucho tiempo el herraje en caballos de carreras ha sido resultado de la opinión empírica de muchos herradores que no están propiamente calificados o de propietarios y entrenadores que no quieren dejar a un lado el aspecto costumbrista de esta actividad, no permitiendo que la evolución de las herraduras vaya más lejos; Esta cuestión es un poco difícil de tratar puesto que el fundamento para el herraje de los caballos aparentemente tiene una lógica apoyada en la mecánica pura, sin embargo es algo muy delicado.

El herraje en los caballos de carreras aparentemente obedece a la lógica y a la mecánica, sin embargo, se ha partido de la base de que al anexar dispositivos de tracción en las herraduras, se debería incrementar el rendimiento del caballo durante la carrera, es muy cierto, no obstante, al analizarlo desde un punto de vista estructural, aplicando una lógica más fundamental que práctica, es más fácil encontrar ciertos detalles contradictorios.

El casco puede ser estable bajo una amplia variedad de condiciones. Por tales motivos se puede decir que de manera natural la anatomía del caballo es perfecta, sin necesidad de aditamentos en el herraje, el casco por si mismo estabiliza, equilibra y redistribuye fuerzas y presiones bajo casi cualquier circunstancia. Es exactamente igual que una persona utilizando calzado deportivo, bien se sabe que existen diferentes tipos en función de las necesidades de cada quien; Por ejemplo, los tenis para futbol tienen aditamentos de tracción conocidos como tacos, mientras que los tenis para correr están diseñados para brindar al sujeto mayor comodidad y seguridad sobre las articulaciones involucradas en dicha actividad, a través de un sistema de muelle con aire comprimido; empero, no usamos este calzado altamente especializado para nuestra vida cotidiana, las 24 horas del día y los siete días de la semana, debido a las consecuencias que esto nos acarrearía a nivel musculo esquelético.

Se entiende desde ésta perspectiva, que el daño ocasionado en los miembros del caballo por los dispositivos de tracción, no se reduce a su actividad durante la carrera y viéndolo desde un ángulo meramente lógico, el mayor daño se produce al estar el caballo apoyado sobre los dispositivos tanto dentro de la caballeriza, como durante su paseo matutino, baño, entrenamiento y en general en todas y cada una de sus actividades diarias, durante las 24 horas del día los 7 días de la semana, dejando que los miembros apoyen de manera natural solamente el poco tiempo en el que se les retiran las herraduras, solo para volverlos a herrar bajo las mismas condiciones (2, 7, 8, 10).

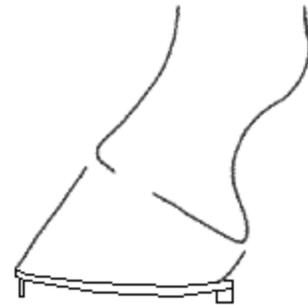


Figura 47

En el caso de los caballos de carreras, los dispositivos de tracción están diseñados para incrementar el agarre a la superficie durante la carrera, hay tanto para el arranque como para evitar deslices en las curvas, cabe mencionar que el desarrollo de estos dispositivos obedece más a la tradición y a las antiguas ideas sobre la mecánica del casco que a la ciencia que le impele.

En general a nivel torácico, el equilibrio del caballo es primordial, mientras que a nivel pelviano probablemente la prioridad la tenga la función de palanca y arranque (8).

El casco refleja esta diferencia, en el miembro torácico es redondo y en el miembro pelviano es ovalado.

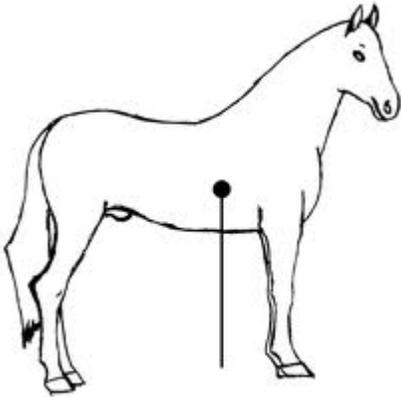


Figura 48

La forma redonda por excelencia es la mejor para el soporte de carga y la forma ovalada es eficaz para el efecto de palanca durante el arranque del caballo, a simple vista, los cascos posteriores están diseñados para deslizar y empujar, mientras que los anteriores están diseñados para la carga y el apoyo (30).

Al hablar sobre factores podológicos se debe considerar que ante todo la estabilidad del casco es el origen del desempeño del caballo, “sin pié no hay caballo”.

En cada superficie en la que el casco se apoya, la redirección de las fuerzas y amortiguamiento del miembro recae en el aparato suspensorio del menudillo, el cual se encarga de mantener la carga sobre la falange proximal, sin importar las posibles posturas de apoyo, siempre y cuando sean intrínsecas al casco y sin contar con factores externos como los dispositivos de tracción adheridos en las herraduras, los cuales alteran significativamente el balance del casco (31). Éste movimiento se ve restringido en el plano sagital por los ligamentos colaterales de la corona y la cuartilla, ésta última a su vez se ve restringida por uniones ligamentosas a movimientos muy pequeños en varias direcciones (32), por ende al tener una garra de un centímetro justo por debajo de la pinza del casco y/o ramplones de la misma medida o peor aún, de medidas no concordantes entre los dispositivos, por obvios motivos las afecciones ligamentosas no se darán a esperar (8).

Buscando seguir este panorama desde el punto de vista de la integración funcional. La forma de la capsula del casco implica que esta puede mantener la estabilidad a través de un amplio rango de posiciones y ángulos de apoyo, sobre muchas superficies diversas. El agarre fuerte y estabilizante del tendón extensor, y los ligamentos colaterales, tienden a mantener la relación de la cápsula con el eje largo de los huesos de la cuartilla.

De esta forma, la mayor parte de los posibles movimientos entre los huesos del casco y la cuartilla se encuentran concentrados en la región navicular. El hueso navicular, en su cabestrillo ligamentoso, puede amortiguar y redirigir cualquier movimiento de torsión o inclinación de la cápsula del casco, ayudado por el efecto amortiguador de la almohadilla digital y de la elasticidad de los cartílagos colaterales (25); no obstante, al alterar el aplomo del caballo durante tiempos prolongados como se explica en hojas anteriores, es entendible que las funciones anatómicas de los componentes del casco, se vean alteradas por el estímulo externo que les modifica totalmente el balance y a la larga predispone a una serie de complicaciones podológicas de las cuales hay ya muchos estudios, enfocados en corregir y restaurar los daños muchas veces irreversibles que la falta de preparación y estudio sobre éste tema han suscitado (29, 33).

En general, El casco actúa como un conjunto integrado, de manera que los movimientos en cualquier parte de ésta, se reflejan en ajustes en el posicionamiento de las otras partes. Debido a esta función integrada, los huesos de la parte superior del miembro sólo experimentan movimientos y fuerzas específicos, casi sin importar la manera en que se apoya el casco ni sobre qué tipo de superficie (34), cabe mencionar que al alterar aunque sea por un centímetro o medio centímetro la superficie de apoyo del casco, esas fuerzas y movimientos específicos en la parte superior del miembro se ven alterados de manera potencializada debido a los ángulos de carga que se modifican, de tal manera que un pequeño artefacto que altere aunque sea por muy poco el balance del casco, conforme más arriba del miembro estudiemos, notaremos que ese pequeño desbalance ha producido alteraciones biomecánicas de magnitudes muy superiores sobre el miembro, provocando así fisuras por mala distribución de cargas, inflamación en tendones, ruptura de ligamentos e inclusive problemas tanto nerviosos como musculo esqueléticos (35); Esto se puede aterrizar en cualquier persona o cualquier animal terrestre; Por ejemplo, una pequeña piedra dentro del zapato, por pequeña que sea puede provocar dolor, incomodidad, cierta inflamación por el roce y una serie de factores que obligan a sacarla. O también por ejemplo, un pedazo de goma de mascar adherida a la suela, teóricamente al aplanarse respeta la forma de la suela y no debería siquiera sentirse, sin embargo, se siente, molesta y termina por retirarse, ahora es entendible que un caballo no esté cómodo con una garra de un centímetro o con ramplones no concordantes para un óptimo

balance palmar/plantar que está cargando las presiones de manera abrupta sobre el cojinete digital, de manera tal que el aparato suspensorio del menudillo está llevando a cabo su dorsiflexión de manera muy forzada (36).



Figura 49

(Herradura de acero con garra de 1 cm.)

En el miembro posterior, los tendones y ligamentos continúan los movimientos del aparato recíproco, el cual vincula la flexión y la extensión de la corva a esos mismos movimientos en la babilla. De esta forma, cuando la corva y la babilla se flexionan o se extienden, el miembro completo también hace lo mismo. Este ordenamiento implica que las fuerzas de los músculos en el muslo, las ancas y el lomo se transmiten al casco de tal manera que la dirección, el ritmo, el posicionamiento y la cantidad de fuerza a través del miembro está dictada por esos grandes músculos y por la postura general del caballo (35, 37).

Todas las estructuras de los miembros, son al menos parcialmente elásticas, y esta elasticidad ayuda en la redistribución y amortiguamiento de cualquier fuerza. El almacenamiento de energía elástica se emplea a través de las complejas uniones de vainas fasciales y ligamentos que controlan y redirigen las cargas tensoras, enfocándolas dentro de los grandes tendones y ligamentos elásticos del lado palmar del miembro (38). Las proporciones relativas de retracción elástica contra el amortiguamiento pueden ser reguladas tanto por el posicionamiento del casco y del miembro en el impacto como por el ritmo y el grado de contracción de los músculos flexor digital profundo y superficial siempre y cuando éstos últimos no sufran afecciones.

En el impacto el casco se inclina y resbala, según la superficie del suelo; luego es succionado hacia el suelo mientras los talones se expanden y el menudillo se hunde al hiperextenderse, de modo que en el momento en que es cargado con el peso del cuerpo, el casco se mantiene relativamente estable (39).

Al mismo tiempo, las influencias propioceptivas reaccionan ajustando el tono en los músculos que se encuentran más arriba en el miembro y en el cuerpo, incluidos los músculos flexores digitales profundo y superficial, los cuales ayudan potencialmente en el mantenimiento de la estabilidad dentro del miembro, incrementando la tensión en sus respectivos tendones. Sin embargo, las complejas uniones fasciales y ligamentosas crean y mantienen esta estabilidad dentro de un rango de posiciones del casco mientras el miembro se encuentra bajo carga, sin ninguna contracción muscular adicional, cabe mencionar que cuando el casco inicia contacto con la superficie y comienza a deslizarse para dar lugar a la redistribución de las cargas que le impelen, es muy importante considerar que los dispositivos de tracción, principalmente la garra, interfiere de manera directa con el proceso impidiendo el deslizamiento y así mismo la distribución de las cargas en cada miembro, dando oportunidad a las lesiones y fracturas catastróficas durante la carrera (25, 40, 41).

Una vez que el peso del cuerpo ha pasado más allá del soporte del miembro, el cambio en la postura dentro del miembro causa que la contención ligamentosa contra la retracción elástica se libere súbitamente. Esta repentina disminución de la tensión tiene un efecto de catapulta, de

modo que el menudillo se endereza y el miembro comienza a levantarse con un mínimo esfuerzo adicional (25, 42).

El paso por lo general se divide en dos grandes partes: la fase de apoyo y la fase de balance. Durante la etapa de apoyo, el casco está en contacto con el suelo. Por el contrario, durante la fase de balance, o despegue, el casco no está en contacto con el suelo. A nivel mecánico, la diferencia importante entre las dos fases es la presencia de una fuerza de reacción del suelo durante la fase de apoyo. Ambas fases están separadas entre sí mediante dos momentos de transición llamados impacto y retorno (2, 25). El impacto comienza cuando el casco hace el primer contacto con el suelo, desliza para la óptima redistribución de cargas y termina poco después cuando los efectos del impacto, como las ondas de choque en el casco, se disipan hasta niveles insignificantes. El retorno comienza al final de la fase de apoyo, cuando los talones empiezan a despegarse del suelo y continúa hasta que se levanta la pinza (43). Tanto el impacto como el retorno duran mucho menos tiempo que el resto de la fase de apoyo o de balance. Por este motivo, son también más difíciles de investigar mediante experimentos. Aunque en la actualidad sólo se dispone de pocos resultados prácticos de las investigaciones del impacto y del retorno, es probable que haya fenómenos únicos durante estos periodos que sean importantes en la función general del casco.

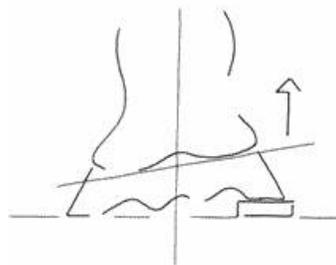


Figura 50

Durante la etapa de apoyo del paso, el casco está en contacto con el suelo. Este contacto permite que el casco soporte el peso del caballo y cualquier fuerza dinámica que suceda durante la locomoción, como aquellas que impulsan al caballo hacia adelante. En muchos análisis, todos estos efectos pueden resumirse en una sola propiedad, llamada fuerza de reacción del suelo (44).

La fuerza de reacción del suelo es una propiedad vectorial; esto significa que tiene tanto un tamaño como una dirección en el espacio. También tiene una línea de acción particular, a lo largo de la cual actúa sobre el casco. La línea de acción de la fuerza de reacción del suelo es la misma que su dirección, pero además está limitada a pasar a través de un punto particular de la planta del casco, que se conoce como centro de presión, el cual se ve alterado de manera significativa con la presencia de garras y ramplones en las herraduras, que muchas veces no guardan un balance y mantienen los talones a nivel medial en contacto casi directo con la superficie mientras que a nivel lateral están elevados y mal apoyados sobre un solo ramplón, así mismo si se le anexa a esta circunstancia la garra, el desbalance es tan marcado que la cápsula del casco es incapaz de sostener la presión en el miembro por periodos prolongados (45).

El impacto comienza en el instante en que cualquier parte del casco toma contacto con el suelo y continúa hasta que se disipan los fenómenos asociados con el impacto. En general, la pinza es la primera parte que se apoya a bajas velocidades de locomoción; pero a velocidades más altas, son los talones quienes hacen contacto primero con el suelo. El fenómeno mejor documentado asociado con el impacto es la existencia de oscilaciones de alta frecuencia en la fuerza de reacción del suelo. Se desconoce el efecto que estas oscilaciones tienen en el casco, pero en general se consideran perjudiciales.

El contenido de energía de las oscilaciones debe ser absorbido de alguna manera por componentes del caballo, la herradura o el suelo. En la práctica, se ha demostrado que las diferentes superficies de las pistas y los tipos de herraduras pueden alterar las características de las oscilaciones. Las herraduras hechas de materiales de polímero liviano demostraron atenuar mejor las oscilaciones de alta frecuencia. Se sugirió que la capacidad de la herradura plana para absorber la energía de oscilación puede ser benéfica, porque evita que esta energía sea absorbida por el casco y el miembro distal (46). Debido a que es un vector, la fuerza de reacción del suelo con frecuencia se divide en dos componentes: horizontal y vertical. En la práctica, estos dos componentes tienen significados diferentes. La fuerza de reacción del suelo vertical es principalmente responsable del soporte del peso corporal, pero también tiene un

componente oscilatorio “de rebote” conectado con el movimiento vertical del cuerpo durante el paso.

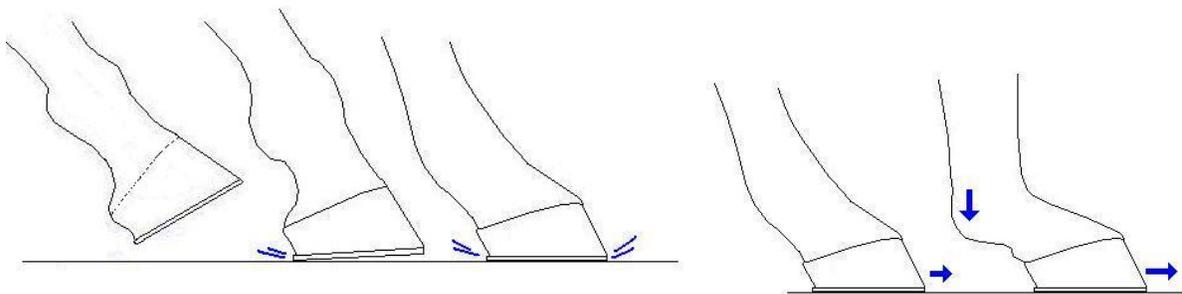


Figura 51  
(Primera fase del paso)

La fuerza de reacción del suelo, por el contrario, es causada principalmente por la tracción entre el casco y el suelo. Es responsable de la reducción de la velocidad del miembro en la primera mitad de la fase de apoyo durante el deslizamiento natural del casco y luego de la aceleración del miembro durante la segunda mitad de la fase de apoyo.

Se ha demostrado que los miembros anteriores son ligeramente más responsables de la parte de la desaceleración del componente horizontal, mientras que los miembros posteriores actúan más en la aceleración (47).

Se puede esperar que muchas modificaciones prácticas al casco alteren la fuerza de reacción del suelo. Por ejemplo, una tracción insuficiente entre el casco y el suelo puede hacer que el caballo resbale, lo que alterará en particular la fuerza de reacción horizontal del suelo y reducirá la capacidad del caballo de controlar la posición de sus miembros.

En última instancia, casi todo el peso corporal y las cargas dinámicas del caballo deben ser soportados por la falange distal. Estas cargas se transmiten luego a la cápsula del casco y por último al suelo. Por lo tanto, el suelo, la cápsula del casco y la falange distal conforman un importante sistema mecánico cuya función es uno de los aspectos más críticos de la biomecánica del casco.

Es menester considerar las cargas mecánicas que actúan sobre la falange distal. A diferencia del miembro en su parte más proximal, en el cual la carga en cualquier elemento es relativamente simple, la compleja anatomía del casco le permite funcionar en muchas situaciones de carga diferentes. Sin embargo, la carga está en cierto modo restringida por el requisito funcional de que la presión que actúa sobre la región del casco en contacto con el suelo debe soportar al caballo (45).

Durante la fase de apoyo, la carga completa sobre la falange distal puede separarse en cuatro componentes principales (46, 47). Estas cargas se distribuyen sobre la región en la cual actúan:

- 1.- La fuerza descendente ejercida por la falange media sobre la falange distal en la superficie articular.
- 2.- La fuerza tensora próximo palmar del tendón flexor digital profundo sobre la superficie solar de la falange distal que contempla el empuje ascendente sobre el hueso navicular.
- 3.- El empuje ascendente de las láminas del casco sobre la superficie dorsal redonda de la falange distal, debido a que esta falange tira hacia debajo de las láminas (de acuerdo con la tercera ley de Newton: Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: o sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentido opuesto).
- 4.- La fuerza de empuje ascendente de la suela, la ranilla y los talones sobre la superficie solear de la falange distal.

En velocidades de carrera, cada casco golpea el suelo aproximadamente 150 veces por minuto o más. En el momento del impacto, el casco desacelera extremadamente rápido mientras a su vez realiza un pequeño deslizamiento apenas de un par de pulgadas, con la finalidad de ir balanceando paulatinamente cada estructura del miembro para que las fuerzas de presión ejercidas sobre cada estructura sean alineadas de manera óptima y no haya lugar a fracturas o daños en general, esta acción genera fuerzas muy grandes que se aplican al casco en un periodo muy corto y produce ondas de choque en la muralla, algunas de las cuales viajan hasta los tejidos más profundos del casco. Entonces, la primera forma en que el casco se carga es

por medio de fuerzas de impacto, las cuales duran sólo los primeros 15 a 25 milisegundos después del contacto inicial (48).

La masa del caballo que actúa hacia abajo sobre la falange distal y el casco afecta el flujo sanguíneo del miembro. Se ha demostrado que la primera parte de la fase de apoyo se asocia con un gran aumento de la presión en la vena digital lateral. También se ha demostrado que el peso estático que soporta sobre el casco resulta en una disminución del flujo sanguíneo en comparación con el momento en que no se soporta peso. De esta forma la secuencia de hechos durante la locomoción actúa como una bomba para la sangre del casco (2, 17).

La primera parte de la fase de apoyo empuja la sangre hacia arriba en el miembro mediante el drenaje venoso forzado. Esto es seguido de un período de relativamente poco flujo sanguíneo durante la segunda mitad de la fase de apoyo. Por último, la fase de balance del casco regresa la sangre hacia el miembro distal mediante la recuperación de los tejidos comprimidos previamente, el flujo arterial normal y el efecto centrífugo de la rotación rápida del miembro. La presencia de válvulas en las venas y la presión cardíaca total aseguran que la sangre sea bombeada en la dirección correcta (2, 5).

Por otro lado, una vez que el casco está firmemente apoyado, el peso y el impulso del cuerpo empiezan a actuar sobre él en forma de fuerzas que se transmiten hacia abajo a través de los huesos del miembro, mediante los huesos de la cuartilla hasta la falange distal dentro de la cápsula del casco. Las fuerzas totales que actúan sobre el casco fueron medidas mediante plataformas de fuerzas colocadas dentro de una pista de prueba. Después del impacto, la magnitud de la fuerza resultante se eleva suavemente hasta llegar al pico durante el apoyo medio (47).

En un trote normal, la fuerza máxima es de aproximadamente 1.2 veces el peso corporal del animal; durante el galope, esta fuerza puede alcanzar el doble del peso corporal o más. Es esta fuerza sobre el miembro la que hace que el menudillo baje hasta el suelo y estire los tendones flexores digitales y el ligamento suspensorio del menudillo como grandes bandas elásticas. Al estirar las bandas, el menudillo actúa como un amortiguador de choque; de lo contrario, el

peso del animal se aplicaría sobre el miembro en un breve instante, lo que produciría ondas de choque aún más grandes que el impacto del casco.

Las tensiones de rotura para el material del casco están entre los 17 y 30 megapascales (1 MPa = 1 millón de Newtons por metro cuadrado); El acero se rompe a 210 MPa. Las deformaciones relativas de rotura están en el orden del 15 al 20% para los ejemplares vivos con humedad relativa de 75% (46, 47).

Hacia la mitad de la fase de apoyo (apoyo medio), la suela también se ha aplanado, un milímetro o más, cerca de su centro. Normalmente se asume que el movimiento hacia abajo de la falange distal simplemente empuja hacia abajo la suela, sin embargo la situación es más complicada. La suela es una cúpula baja que se arquea entre los cuartos de ambos lados. A medida que los cuartos se ensanchan, tiran hacia fuera de los costados de la suela y tienden a aplanar la forma cupular.

En la lumbre, la falange distal puede presionar hacia abajo sobre la suela hasta cierto punto, pues tiende a inclinarse hacia abajo en esa zona debido a la tensión del tendón flexor digital sobre ella, sin embargo el movimiento de la suela en la lumbre es mínimo. La inclinación de la falange distal parece en realidad levantar su parte trasera y así apartarla de la ranilla y la suela, de manera que no estaría presionando hacia abajo sino tirando hacia arriba de la suela en la mayor parte de su longitud. El leve movimiento de la suela no se debe a las fuerzas de empuje desde arriba sino a aquéllas de tracción, hacia fuera y hacia abajo, ejercidas en sus costados por la pared (33).

Tiene sentido que la falange distal no presione sobre la suela con la mayor parte de su área. Una razón es que un vaso sanguíneo importante en la irrigación de las células que forman la línea blanca corre alrededor del borde inferior de la falange distal. Al recibir presión continua, se podría obstruir el flujo sanguíneo dentro de éste. Por otro lado, la suela crece hacia abajo desde una capa de células sobre su superficie interna, si estas células estuvieran continuamente bajo presión, sería probable que ocurrieran crecimientos anormales en la misma (49).

Está claro que el casco se adapta de manera continua y cambia de forma de acuerdo con muchos aportes diferentes, por lo que se puede esperar que un modelo que incluya muchos parámetros distintos tenga una mayor probabilidad de describir satisfactoriamente el mecanismo del sistema.

Cabe mencionar que el uso de modelos mecánicos ha permitido evaluar los efectos de ramplones en los talones sobre la tensión en el tendón flexor digital superficial. Se descubrió que la aplicación de estos dispositivos de tracción en los talones aumentaba en vez de disminuir la carga sobre el tendón, y podía por lo tanto ser perjudicial en el tratamiento de condiciones de las que se desea disminuir la tensión del tendón (50).

El impacto del casco y las subsecuentes fuerzas de soporte de peso y de locomoción son las dos maneras principales mediante las cuales se carga el casco durante cada fase del paso. Ambos tipos de cargas pueden alterarse positiva o negativamente mediante varios factores; la velocidad de locomoción, la marcha, la masa del caballo, la firmeza de la superficie, el tipo de herradura, si tiene o no plantillas, el desvasado reciente, el uso de dispositivos de tracción de grandes dimensiones como la garra y ramplones.



Figura 52

(Herradura de aluminio con ramplones y garra de 6 mm.)

Si se cambia o modifica cualquiera de estos factores, se altera un estímulo indirecto sobre el casco. La fuerza y el impacto son en sí mismos otro nivel de estímulo indirecto.

Se dice que las deformaciones completamente reversibles son las llamadas elásticas, todas ellas se derivan del movimiento natural del casco. Con el tiempo, el casco puede sufrir cambios irreversibles en la forma, como el ensanchamiento y la curvatura que se relacionan con su crecimiento, pero también con la deformación permanente de la cápsula. Estas se llaman deformaciones plásticas (2, 5).

Como es de esperarse, todos los factores que modifican la carga del casco también afectan la deformación sobre la superficie de la pared del casco. Las deformaciones de la pared aumentan con la velocidad y el agregado de un jinete. Sin embargo, no parecen variar en forma significativa aun cuando los cascos estén o no herrados.

El cambio más grande se produce ante un cambio de dirección; durante el giro, el cuarto sobre la parte interna de la curva alcanza deformaciones 40 por ciento mayores que la deformación producida sobre una línea recta, a su vez, el cuarto opuesto muestra un 40% menos de deformación que en la marcha recta. Esta diferencia refleja más una redistribución de carga de un cuarto hacia el otro que un cambio en la carga total, es decir, los cambios en la forma del casco producen cambios a su vez en la distribución de la tensión y deformación dentro de sus tejidos aun cuando la carga externa no cambie (44).

Cabe mencionar que en base a esta distribución de la tensión, hay que considerar lo mismo pero aunando la influencia que ejerce sobre el casco y la suela el posicionamiento incorrecto que brinda un herraje con dispositivos de tracción inapropiados tanto en su distribución como en sus dimensiones, para así poder analizar las deformaciones antes mencionadas, pero bajo estos agravantes.



Figura 53

(Herradura de aluminio con garra y ramplón de 8 mm.)

La causa más probable de un cambio en los hábitos de movimiento es una fuente de dolor en algún lugar. En el atleta equino, el miembro torácico distal y el lomo son sitios donde suelen presentarse desordenes dolorosos. Con dolor en el miembro anterior, el caballo endurece y contrae los músculos para evitar los movimientos o posturas que exacerben el dolor; estos patrones evitables normalmente incluyen los músculos del lomo, por lo que estos caballos a menudo sufren dolor en dicha zona (51). Cuando el lomo es el sitio primario del dolor, el caballo también endurece sus músculos como respuesta, por lo que el movimiento de los miembros torácicos se vuelve más rígido y menos coordinado. Como consecuencia estos caballos son más propensos a desarrollar dolor en los miembros, especialmente en las articulaciones debido a movimientos y apoyo inapropiados (2, 5, 11, 14, 17).



Figura 54

(Garra de 8 mm.)

Bajo estas condiciones y variables preámbulos cabe mencionar que ciertas características de diferentes tipos de herraduras se han asociado con lesiones músculo esqueléticas en caballos de carreras de la raza pura sangre inglés. Estudios previos implican directamente la altura de la garra como factor de riesgo en caso de lesiones, se tomaron 3,088 caballos que corrieron cuando menos 3 veces durante el estudio. Se

observaron garras en el 87% de los caballos, los cuales mostraron diferencias en el tamaño de la garra muy evidentes en el 41% de los comparativos (52).



Figura 55

(Eight Belles, Kentucky Derby 2008)

Cuando el caballo aumenta la velocidad de la caminata o cambia hacia un paso más rápido como el trote o el galope, la fricción de deslizamiento se vuelve más importante. Cuanto más rápido se mueve el animal, el talón impacta primero y se ve sujeto a un breve periodo de fricción de rodadura, a medida que los cuartos y por último las partes del borde de apoyo de la lumbre llegan sucesivamente a la superficie (2, 19, 25).

La presencia de un ramplón lateral diseñado para dar cierta tracción durante la curva, no tiene fundamento significativo durante la primer fase del apoyo, donde al hacer contacto con la superficie, el talón lateral recibirá por medio del ramplón el primer impacto, dando así la pauta para que las fuerzas carguen directamente sobre el talón mencionado y posteriormente sobre el talón medial, no permitiendo así que la distribución de las fuerzas sea homogénea y dando oportunidad a que alguna lesión muy potencialmente catastrófica comience a manifestarse paulatinamente (41); Como sucedió con la yegua Eight Belles, quien sufrió un lamentable pero a la vez muy previsible accidente el 3 de Mayo de 2008 durante Derby de Kentucky fracturándose ambos menudillos, el cual concluyó con la muerte de la yegua, posteriormente el 14 de julio de 2008, la Comisión de Carreras de caballos de Kentucky votó de manera unánime a favor de limitar el uso de las garras en las herraduras anteriores de todos los caballos pura sangre inglés, ya fueran en entrenamiento o en competencia, en cualquier pista de Kentucky (53).

Foster Northrop, DVM, miembro de la Comisión y veterinario equino, indicó que las garras son las principales causas de las lesiones en la caña. De acuerdo a las nuevas reglas, la garra o cualquier otro dispositivo de tracción que sea más grande de 2 milímetros, está totalmente prohibida. Esta regla fue aprobada por la Comisión de Salud y Comité de Seguridad de Kentucky, que después de varios años de investigación científica demostraron que hay un incremento significativo en las lesiones sufridas cuando la garra es utilizada. Este cambio en las reglas sigue la recomendación de la prohibición de la garra dada por el Club de Jockeys de Kentucky (54). De acuerdo a los reportes, Eight Belles, la favorita del Derby de Kentucky 2008, quien sufrió una lesión catastrófica al fracturarse ambos menudillos durante la última curva de la carrera, y que consecuentemente tuvo que ser eutanasiada en la pista, fue herrada con garras muy superiores a los 2 milímetros, las cuales apuntan como los principales factores de tal fatalidad (53). El jockey retirado Chris McCarron comentó que las herraduras con dispositivos de tracción, en su mayoría, “son la única y gran razón por la cual los caballos caen al alcanzarse los talones” (55).

Por eso mismo hay que recordar que la fricción de desgaste, de deslizamiento y estática, aumentan a medida que cada segmento del casco alcanza secuencialmente la superficie, porque la fuerza vertical del cuerpo sobre el miembro aumenta a partir del instante del impacto hasta el apoyo medio y disminuye otra vez desde entonces hasta el despegue. A medida que la carga vertical del casco aumenta durante la primera fase del apoyo, la pared del casco misma se comprimirá por la carga, lo que contribuirá a este contacto acordonado del borde de apoyo de la pared con la superficie (56).

Es importante notar que en el desgaste, la concavidad que se aprecia de manera lateral en un casco, solamente se observa bajo la ausencia del peso dinámico, que es aproximadamente 1.8 veces mayor que el peso estático. Cuando el casco está sobre el suelo y experimenta carga dinámica, todo el borde de apoyo de la pared del casco está en contacto con la superficie, de lo contrario la pared no se desgastaría como lo hace (57).

Está claro que hay un mayor desgaste de los cuartos y de la lumbre, que de los talones, el desgaste de la lumbre se debe a la rodadura sobre la superficie durante el despegue; dicha rodadura implica que el centro de la pinza es la última parte del borde de apoyo en dejar la

superficie, esta acción empuja el material suelto hacia atrás, el cual forma un montículo que causa la cresta engrosada sobre la suela, justo frente a la punta de la ranilla. A su vez, los bordes interno y externo de la muralla se desgastan debido al material de la superficie en la que se mueve la pared cuando impacta y se desliza profundizando en la superficie.

La junta de caballos de carreras de California, en su programa post mortem, conducido por el *California Veterinary Diagnostic Laboratory System*, brindó la primera evaluación analítica sobre las características de las herraduras y conformación de los cascos en caballos de carreras que experimentaron lesiones catastróficas, en las cuales se examinó a 201 pura sangre inglés, y se concluyó que la presencia y el tamaño de la garra estuvo relacionada estadísticamente con lesiones musculo esqueléticas catastróficas, falla en el aparato suspensorio del menudillo y fractura condilar en la cuartilla (52).

Considerando la complejidad del miembro equino, es sorprendente que su ruptura catastrófica sea tan infrecuente y en general ocurra sólo cuando la intromisión humana ha cambiado el mecanismo más allá de su capacidad de adaptación, como al herrar con garra, o cuando hay otros factores que interfieren como por ejemplo golpes de otros caballos, cambios repentinos en la superficie de trabajo, cambios metabólicos importantes etc. Hasta tener mejor comprensión de los mecanismos subyacentes antes mencionados, se seguirá dependiendo de la aptitud, conocimiento y observación del herrador y del entrenador del caballo, en trabajo conjunto, para identificar el equilibrio óptimo del casco.

## Capítulo 8

### Conclusiones

La especialización evolutiva que se ha dado en el miembro equino durante el paso del tiempo poco a poco ha requerido mayor conocimiento sobre su anatomía, fisiología y biomecánica. Obviamente como ya ha quedado claro capítulos atrás, el mayor enemigo de la ciencia ha sido y seguirá siendo el costumbrismo.

Hoy en día, aún contando con una vasta selección de estudios realizados sobre el miembro equino, se siguen utilizando garras y ramplones de grandes dimensiones en los herrajes deportivos en general, lo cual claramente en vez de incrementar el rendimiento del caballo durante la carrera, lo compromete, esto se ve ligado a la falta de conocimiento por parte de entrenadores y algunos herradores. En México desgraciadamente solo hay unos pocos herradores certificados y gente del gremio hípico en su estrato laboral, que recibieron la enseñanza de primera mano de figuras relevantes en el mundo hípico a nivel mundial, hay pocos más que han buscado actualizarse con los avances científicos publicados, desgraciadamente el resto, no tiene interés en actualizarse ni en cambiar sus costumbres, no creen en lo que un médico veterinario o un podólogo equino les digan y tampoco parecieran tener interés en investigarlo; En ocasiones aún con todas las pruebas, estudios y resultados perfectamente bien demostrados, hay personas que siguen desconfiando y el costumbrismo da un paso por delante de la ciencia.

La importancia de regular el uso de las herraduras en las carreras de caballos no sólo es en favor de la salud del animal, se refleja en el plano económico de una manera notoria. En capítulos anteriores se ha explicado el alcance de las afecciones podológicas a nivel músculo esquelético, es por ello que un caballo con los 4 balances del casco correctos y los cuidados y precauciones necesarias antes, durante y después de la carrera, es un caballo en el que se reduce considerablemente la probabilidad de sufrir un accidente, es un caballo que puede desempeñar su función de una manera más acorde a sus facultades físicas y no en función de lo tolerable de un malestar que invariablemente modificará los patrones locomotores en sus

aires y aplomos; Reducirá los gastos médicos generados por dichos problemas, también reducirá los gastos en el herraje al disminuir el uso de herraje correctivo, obviamente en la misma proporción en que reduce la posibilidad de un accidente catastrófico que culmine con la muerte del animal, reduce la posibilidad de perder la inversión que representa por sí mismo.

Hoy en día se encuentran caballos Pura sangre inglés en precios que van desde los \$30,000 pesos hasta los \$150,000.00 pesos e incluso hay algunos que superan los \$300,000.00 pesos; Cada caballo es una inversión o un gasto constante, desde la cama hasta la pensión y cuidado, y en realidad pocos caballos generan ganancias superiores a la inversión o al gasto que representan, por ende se entiende el motivo por el cual tener un caballo de carreras es más un lujo que un negocio, representa incluso cierto prestigio; Sin embargo, desde el punto de vista económico, tanto para el dueño de un caballo de carreras como para las empresas, farmacéuticas y particulares muy solventes con varios caballos, los gastos superando a las ganancias siempre les será un tema delicado, y si a esto se le agrega el costo mismo del caballo, donde en base al precio se mide muchas veces su categoría y prestigio como espécimen, entonces es necesario asegurar y prevenir la integridad del casco permitiéndole al caballo la comodidad y soltura necesarias para que sea capaz de elevar su nivel deportivo.

En México, la podología en equinos de carreras particularmente ha tomado un camino principalmente enfocado en el desempeño del caballo durante la carrera e incluso en el tratamiento contra las afecciones resultantes de la misma, los herradores y médicos han ingeniado gran cantidad de artefactos y procedimientos para allanar y sobrellevar el daño que paulatinamente se va dando en los miembros de los caballos, desafortunadamente estas medidas normalmente culminan con procedimientos quirúrgicos donde se puede llegar a dar la pérdida de algunas estructuras anatómicas en el miembro o peor aún, la falta de prevención en este ámbito puede culminar en un accidente catastrófico, donde el jinete normalmente corre un riesgo muy elevado, los demás competidores pueden salir afectados si el accidente se da en las primeras etapas de la carrera donde todos los caballos van manteniendo un ritmo similar y muchas veces la muerte del animal es casi inminente.

Muchos problemas, fracturas y accidentes pueden ser prevenidos e incluso evitados si los dispositivos de tracción como la garra y los ramplones constaran de dimensiones mucho

menores a las que normalmente se aprecian, ha quedado claro como una garra y ramplones de 6 u 8 mm interfieren en el deslizamiento natural del casco, provocando que las cargas no se distribuyan de manera uniforme y poco a poco las lesiones óseas y músculo esqueléticas se comiencen a manifestar, bien se pueden modificar éstos dispositivos de tracción para que respeten el balance del casco, permitan el deslizamiento natural del mismo y a su vez brinden estabilidad y tracción al casco si tan solo físicamente no representaran una fuerza inversa a la del desplazamiento. Cabe mencionar que ya se han comenzado a utilizar herraduras modificadas con características más enfocadas a éstos principios podológicos, hay algunas que constan de ramplones piramidales que al mismo tiempo que permiten cierta tracción brindan un “corte” en la superficie que permite al caballo mantener la alineación del casco durante el deslizamiento a plena curva sin permitir que la dirección del miembro salga de su alineación óptima, así mismo poco a poco se comienzan a implementar garras constituidas por 2 o más placas de acero que están distribuidas de manera diagonal y dejan espacios por donde la tierra de la pista puede filtrarse, permitiendo que ambas fases del paso se den de manera correcta y a su vez permitiendo la tracción necesaria tanto en curva como durante el arranque, sin embargo estas modificaciones no solo están contempladas para la carrera, también la distribución de éstos dispositivos permite que el casco tenga un apoyo correcto en estática, manteniendo el balance óptimo del casco y debido a su diseño, conforme viene el desgaste del material, el mismo diseño de cada dispositivo permite ese desgaste sin perder tan rápidamente su función. Solo falta ver el precio de este tipo de herraduras como una inversión, no como un simple gasto.

Para concluir, todo se resume al hecho de que permitiendo que la ciencia intervenga más de lleno sobre los herrajes, los dispositivos de tracción y su aplicación durante la carrera, la inversión que puede representar es ínfima a comparación de los gastos que conlleva el sacrificio del animal, las cirugías con fines correctivos, la pérdida temporal o definitiva de los jinetes, eso, sin dejar a un lado la inversión que representó cada caballo desde su nacimiento.

## Bibliografías

1. Guzmán CC, editor. El casco y la herradura del caballo. 3ª ed, México, 2007.
2. Ruthe H, Müller H, Reinhard F. Tratado de podología y arte de herrar. 5ª ed. México, España: Acribia, 2000.
3. Hernández RC, editor. Patología del pie del caballo y nociones del arte de herrar y forjar. 1ª ed. Madrid, España: Acribia, 1993.
4. Hernández RC, editor. Teoría y práctica del arte de herrar y forjar. 1ª ed. Madrid, España: Acribia, 2004.
5. Adams OR. Enfermedades quirúrgicas de los miembros del caballo. 3ª ed. Argentina: Hemisferio sur. 1996.
6. Williams G, Deacon M. Sin pie no hay caballo. 1ª ed. España: Hispano Europea, 2003
7. Butler D. Shoeing in your right mind: how to assess conformation, achieve balance & shoe fit and increase your efficiency in horse shoeing. 1ª ed. USA: Butler Books 1998.
8. Anz D. El Nuevo herrador. 1ª ed. Argentina: Dunken, 2008.
9. Claver JA, Gimenez AU. El casco equino. 1ª ed. México-Nicaragua: Acribia, 2003.
10. Rey M. Arte de herrar y forjar de M. Rey. 1ª ed. Madrid, España: Maxtor, 2004.
11. Denoix JM. Extremidad del caballo. Parte distal. 1ª ed. España: Sastre Vidal, 2001.
12. Hickman J, Humphrey M. Manual y técnicas de herraje Hickman. 2ª ed. España: Elsevier, 1999.
13. Clayton HM, Flood PF, Rosenstein SD. Anatomía clínica del caballo. 1ª ed. España: Elsevier-Mosby, 2007.
14. Bromiley M. Lesiones del caballo y su tratamiento. 1ª ed. México, España: Acribia, 1989.
15. Pollit CC. Atlas en color. El pie del caballo. 1ª ed. España: Elsevier, 1996.
16. Toucedo GA. El arte de herrar. 1ª ed. Argentina: Hemisferio sur, 2005
17. Stashak ST, Adams OR. Claudicación en el caballo. 5ª ed. España-México: Inter-Médica. 2004.
  
18. Ashdown RR, Done SH. Color atlas of veterinary anatomy, The horse. 1ª ed. United Kingdom. Mosby Inc. 1996.

19. Rooney JR. Biomechanics of lameness in horses. USA. Williams and Wilkins Co. 1969.
20. Cartes DR, Hayes WC. Fatigue life of compact bone. Effects of stress amplitude, temperature and density. *J. Biom.*, 9:27-34, 1976.
21. Currey JD. The mechanical properties of materials and the structure of bone. In: *The mechanical adaptation of bone*. University Press. Princeton, 1984.
22. Lawrence LA, Miller GJ, Paulos PW, Piotrowsky, Asquith RL. The mechanical properties of equine third metacarpals as affected by age. *J. Animal. Sci.*, 72(10):2617-23, 1994.
23. Norwood G L. The buckedshin complex in thoroughbreds. *Am. Assoc. Equine Practitioners*, 24:319-36, 1978.
24. McIlwraith CW, Gayle TW. *Joint disease in the horse*. 1<sup>st</sup> ed. USA. Saunders Harcourt. 1996.
25. Wilson AM, Watson LG, Lichtwark GA, Biomechanics: A catapult action for rapid limb protraction, *Nature* 421(6918):35-36, 2003.
26. Kobluk CN, Robinson RA, Gordon BJ, et al. The effect of conformation and shoeing: A cohort study of 95 Thoroughbred racehorses. *Proc Am Assoc Equine Pract*; 35: 259-274. 1989
27. [www. mustad.com](http://www.mustad.com)
28. [www. victoryracingplate.com](http://www.victoryracingplate.com)
29. Balch OK, Butler B, Collier MA. Balancing the normal foot: Hoof preparation, Shoe fit and shoe modifications in the performance horse. *Equine Vet Educ*; 9(3): 143-154. 1997.
30. Wilson AM, Pardoe CH: Modifications of a force plate system for equine gait analysis on hard road surfaces, *Equine Vet J* 33:67-69, 2001.
31. Ratzlaff MH et al: Measurement of vertical forces and temporal components of the strides of horses using instrumented shoes, *J Equine Vet Sci* 10:23-25, 1990.
32. Balch O et al: Locomotor effects of hoof angle and mediolateral balance of horses exercising on a high speed treadmill: preliminary results. In *Proceedings of the 37<sup>th</sup> Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*, 1991.
33. Ratzlaff MH et al: Relationships between locomotor forces, Hoof position and joint motion during the support phase of the stride of galloping horses, *Acta Anat* 146:200-204, 1993.

34. Baxter R. 1999. Horse injuries. Their Prevention and Treatment. 1<sup>st</sup> ed. United Kingdom. The Crowood Press. ISBN 9781861262608 (lesiones y tx)
35. Mohammed HO, Hill T, Lowe J. Risk factors associated with injuries in Thoroughbred horses. *Equine Vet J* 1991; 23: 445-448.
36. Taylor M. C.J.F. Segundo curso de herraje básico y avanzado, Memorias, clínica Veterinaria Albeytar, Tepotzotlán 24 y 25 de Octubre 2008
37. Degeurce C, Dietrich G, Pourcelot P, et al. Three dimensional kinematic technique for evaluation of horse locomotion in outdoor conditions. *Med Biol Engin Comp* 1996; 34:1-4.
38. Barrey E. Investigation of the vertical hoof distribution in the Equine forelimb with an instrumented horseboot. *Equine Vet J* 1990; 22(Suppl 9): 35-38.
39. Kane AJ, Stover SM, Gardner IA, et al. Hoof size, Shape, and balance as possible risk factors for catastrophic injury of Thoroughbred racehorses. *Am J Vet Res* 1998; 59 (12): 1545-1552-
40. Farley CT, Taylor CR. A mechanical Trigger for the trot-gallop transition in horses. *Science* 1991; 253: 306-308.
41. Kane AJ, Stover SM, Gardner IA, et al. Horseshoe characteristics as possible risk factors for fatal musculoskeletal injury of Thoroughbred racehorses. *Am J Vet Res* 1996; 57 (8): 1147-1152.
42. Peel JA, Peel MS, Davies HMS: The effect of gallop training Onj hoof angle in Thoroughbred race horses, *Equine Vet J* S36:431-434, 2006.
43. Pratt GW, O`Connor JT. A relationship between gait and breakdown in the horse. *Am J Vet Res* 1978; 39: 249-253.
44. Dyhre-Poulsen P et al: Equine hoof function investigated by pressure transducers inside the hoof and accelerometers mounted on the first phalanx, *Equine Vet J* 26(5):362-366, 1994.
45. Roepstorff L, Drevemo S: Concept of a force-measuring horseshoe *Acta Anat* 146:114-119, 1993.
46. Barry E, Landjerit B, Wolter R: Shock and vibration during the hoof impact on different track surfaces, *Equine Exerc Physiol* 3:97-106, 1991.
47. Judy CE: Evaluation of an in-shoe pressure measurement system in horses, *Am J Vet Res* 61 (1):23-28, 2001.

48. Nunamaker DM, Provost MT. Fatigue fractures in thoroughbred racehorses: relationships with age, peak bone strain, and training. *J. Orthop. Res.*, 8(4):604-11, 1990.
49. Hernández J, Hawkins DL, Scollay MC. Race-start characteristics and risk of catastrophic musculoskeletal injury in Thoroughbred racehorses. *J Am Vet Assoc* 2001; 218: 83-86.
50. Davies HMS: A technical report on the distribution of strain in the hoof wall of a standing horse before and after trimming, *Pferdeheilkunde* 12(4):679-680, 1996.
51. Cohen ND, Peloso JG, Mundy GD, et al. Racing-related factors and results on pre-race physical inspection and there association with musculoskeletal injuries incurred in Thoroughbreds during racing. *J Am Vet Med Assoc* 211: 454-463. 1997.
52. Bathe AP. 245 fractures in Thoroughbred race horses: Results of a 2-year prospective study in Newmarket. *Am Assoc Eq Pract* 40:175-176. 1994.
53. Kentucky Horse Racing Commission Votes to Ban Certain Toe Grabs, Research has shown toe grabs cause increased risk of injury to racehorses. July 16, 2008
54. Ron Mitchell, Kentucky Racing Group Approves Toe Grab Horseshoe Ban, Blood horse publications, July 15 Article 12277, 2008.
55. Andrew Wolfson, Ban on Toe grab Spreads, Stress on hooves leads to injuries, *Courier-journal.com*
56. Mundy D George, Review of risk factors associated with racing injuries. *AAEP proceedings* vol. 43:204-207, 1997.
57. Hill T, Carmichael D, Maylin G et al. Track condition and racing injuries in Thoroughbred racehorses. *Cornell Vet* 76: 361-379. 1986

## **Figuras**

Figura 1 – Esquema tomado de Anz D. *El Nuevo herrador*. 1ª ed. Argentina: Dunken, 2008

Figura 2 – Esquema tomado de Anz D. *El Nuevo herrador*. 1ª ed. Argentina: Dunken, 2008

Figura 3 – Esquema tomado de Anz D. *El Nuevo herrador*. 1ª ed. Argentina: Dunken, 2008

Figura 4 – Esquema de Anz D. *El Nuevo herrador*. 1ª ed. Argentina: Dunken, 2008

Figura 5 – Quiquerez, *Aula Sveučilišta* 1886.

Figura 6 – Genghis Khan, [www.logoi.com/notes/img/genghis-khan.jpg](http://www.logoi.com/notes/img/genghis-khan.jpg)

Figura 7 – Henry Burden *History of Rensselaer Co., New York* by Nathaniel Bartlett Sylvester, published in 1880

Figura 8 – Embataï, Che Khan, Brabant, 2005

Figura 9 – Eligio, Sociedad de San Pablo, Bogotá, Colombia, 2004 - 2009

Figura 10 – Soyeyssel, <http://commons.wikimedia.org>

Figura 11 – Henry Burden, *History of Rensselaer Co., New York* by Nathaniel Bartlett Sylvester, published in 1880.

Figura 12 – Herradura de Brown, Herradura hecha por Oscar E. Brown, Agosto 23, 1892, patente 481271

Figura 13 – Imagen tomada de Ashdown RR, Done SH. Color atlas of veterinary anatomy, The horse. 1<sup>st</sup> ed. United Kingdom. Mosby Inc. 1996. Fig.7-04

Figura 14 – Imagen tomada de Ashdown RR, Done SH. Color atlas of veterinary anatomy, The horse. 1<sup>st</sup> ed. United Kingdom. Mosby Inc. 1996. Fig.7-31

Figura 15 – Imagen tomada de Floyd A. Podiatría equina. 3<sup>a</sup> ed. Buenos Aires, Argentina, Inter-Médica. 2009.

Figura 16 – Imagen tomada de Floyd A. Podiatría equina. 3<sup>a</sup> ed. Buenos Aires, Argentina, Inter-Médica. 2009.

Figura 17 – Imagen tomada de Floyd A. Podiatría equina. 3<sup>a</sup> ed. Buenos Aires, Argentina, Inter-Médica. 2009.

Figura 18 – Imagen tomada de Ashdown RR, Done SH. Color atlas of veterinary anatomy, The horse. 1<sup>st</sup> ed. United Kingdom. Mosby Inc. 1996. Fig.7-21

Figura 19 – [www.elhogarnatural.com/anatomia%20caballo.htm](http://www.elhogarnatural.com/anatomia%20caballo.htm)

Figura 20 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009

Figura 21 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009

Figura 22 – Imagen tomada de Ashdown RR, Done SH. Color atlas of veterinary anatomy, The horse. 1<sup>st</sup> ed. United Kingdom. Mosby Inc. 1996. Fig.7-02

Figura 23 – Imágen tomada de Ashdown RR, Done SH. Color atlas of veterinary anatomy, The horse. 1<sup>st</sup> ed. United Kingdom. Mosby Inc. 1996. Fig.6-08

Figura 24 – Imagen tomada de Ashdown RR, Done SH. Color atlas of veterinary anatomy, The horse. 1<sup>st</sup> ed. United Kingdom. Mosby Inc. 1996. Fig.7-08

Figura 25 – Imagen tomada de Ashdown RR, Done SH. Color atlas of veterinary anatomy, The horse. 1<sup>st</sup> ed. United Kingdom. Mosby Inc. 1996. Fig.7-08

Figura 26 – Imagen tomada de Adams OR. Enfermedades quirúrgicas de los miembros del caballo. 3<sup>a</sup> ed. Argentina: Hemisferio sur. 1996.

Figura 27 – Imagen tomada de Adams OR. Enfermedades quirúrgicas de los miembros del caballo. 3<sup>a</sup> ed. Argentina: Hemisferio sur. 1996.

Figura 28 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 29 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 30 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 31 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 32 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 33 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 34 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 35 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 36 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 37 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009 y [www.mustad.com](http://www.mustad.com)

Figura 38 – [www.mustad.com](http://www.mustad.com)

Figura 39 – [www.victoryracingplate.com](http://www.victoryracingplate.com)

Figura 40 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009 y [www.victoryracingplate.com](http://www.victoryracingplate.com)

Figura 41 – [www.victoryracingplate.com](http://www.victoryracingplate.com)

Figura 42 – [www.mustad.com](http://www.mustad.com) y César Ayala Serrano, 2009.

Figura 43 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 44 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 45 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009 y [www.mustad.com](http://www.mustad.com)

Figura 46 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 47 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 48 Imagen tomada de Rey M. Arte de herrar y forjar de M. Rey. 1<sup>a</sup> ed. Madrid, España: Maxtor, 2004

Figura 49 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 50 Esquema tomado de Anz D. El Nuevo herrador. 1<sup>a</sup> ed. Argentina: Dunken, 2008.

Figura 51 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 52 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 53 – César Ayala Serrano, colección privada, 2009.

Figura 54 [www.mustad.com](http://www.mustad.com)

Figura 55 [www.sports.espn.go.com](http://www.sports.espn.go.com)