



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

El Herraje Ortopédico Aplicado a Tendinopatías y Desmopatías del Caballo.

Orthopedic Shoeing in Horse's Tendinopathies and Desmopathies.

Autor/es

Miguel Agudo Gimeno

Director/es

Dra. Arantza Vitoria Moraitz
Dr. Antonio Romero Lasheras

Facultad de Veterinaria

2017

ÍNDICE

1. RESUMEN	2
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
3.1. ANATOMÍA MACROSCÓPICA	3
3.2. ESTRUCTURA BÁSICA DE LIGAMENTOS Y TENDONES	7
3.3. BIOMECÁNICA	9
3.4. PATOFISIOLOGÍA DEL TENDÓN	12
3.5. FACTORES DE RIESGO	13
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	14
5. METODOLOGÍA	15
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
6.1. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO ACTUALES	16
6.1.1. TRATAMIENTOS BASADOS EN MÉTODOS FÍSICOS	19
6.1.2. TRATAMIENTOS TÓPICOS	19
6.1.3. MEDICINA REGENERATIVA	19
6.1.4. HERRAJE ORTOPÉDICO	20
6.2. HERRAJE ORTOPÉDICO EN TENDINITIS DEL TFDP	22
6.3. HERRAJE ORTOPÉDICO EN TENDINITIS DEL TFDS	23
6.4. HERRAJE ORTOPÉDICO EN DESMITIS DE LIGAMENTO COLATERAL DE AID	24
6.5. HERRAJE ORTOPÉDICO EN DESMITIS DEL LSM	25
6.5.1. DESMITIS DE INSERCIÓN Y CUERPO DEL LSM	25
6.5.2. DESMITIS DE UNA DE LAS RAMAS EXTENSORAS DEL LSM	26
7. CONCLUSIONES	27
8. CONCLUSSIONS	28
9. VALORACIÓN PERSONAL	28
10. BIBLIOGRAFÍA	29

1. RESUMEN.

Los tendones y ligamentos son estructuras blandas del aparato locomotor, tienen un importante papel en la locomoción del caballo, ya que no solo actúan como soporte sino que también se encargan de la eficiencia energética. Las tendinopatías y las desmopatías son patologías altamente frecuentes en los caballos debido fundamentalmente al desarrollo de su actividad deportiva. Estas lesiones suponen importantes pérdidas económicas ya que conllevan una grave disminución del rendimiento deportivo, los tiempos de recuperación son largos y la probabilidad de recidiva es muy alta. Esto se debe a que el proceso de reparación natural de estos tejidos no es totalmente efectivo ya que el tejido cicatricial generado no posee las mismas propiedades biomecánicas. Se han descrito una gran variedad de tratamientos hasta la actualidad, entre ellos el herraje ortopédico juega un papel fundamental ya que cada estructura necesita una actuación específica que implica la actuación conjunta entre el veterinario y el herrador. Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo consiste en realizar una revisión bibliográfica sobre los herrajes indicados en la afección de los diferentes tendones y ligamentos de la extremidad distal equina. En conclusión el herraje terapéutico en este tipo de lesiones en su fase aguda tiene como objetivo primordial disminuir la tensión de sobre el tendón o el ligamento lesionado. Por otro lado, en la fase evolutiva y de consolidación de las lesiones de estos tejidos, el herraje ortopédico tiene como fin someter gradualmente a la estructura lesionada a su carga habitual.

2. ABSTRACT.

Tendons and ligaments are soft structures of the locomotive system, and they have a strong role in horse locomotion, because they give support and also take part in the energetic efficiency. Tendinopathies and desmopathies are highly frequent in horses due to the development of their sport performance. These injuries imply important economic loss since they involve a severe decrease in the sport performance, the recovery period is very long and there is a high recurrence probability. The reason of this is that the natural repair process is not totally effective because of the new scar tissue has not the same mechanobiologic properties. A great number of treatments have been described for this kind of lesions. Orthopedic shoeing is one of them, and it implies the combined action between farrier and vet. For all these reasons, the objective of this project is to pool the consulted sources about the indicated shoeing in the lesion of each tendon and ligament of the equine limb. We can conclude the orthopedic shoeing in the acute phase of this type of lesions has the main objective to reduce the tension in the injured tendon or ligament. On the other hand, in the

evolutionary and consolidation stage, the objective of the orthopedic shoeing is the gradually submitting to the injured structure to the normal weight bearing.

3. INTRODUCCIÓN.

Los tendones y los ligamentos son tejidos blandos conectivos que forman parte del aparato locomotor. La diferencia entre ambos es principalmente anatómica: el tendón es la inserción del músculo con el hueso correspondiente y el ligamento une hueso con hueso. El resto de propiedades (biomecánicas, ultraestructurales y composición de la matriz) son semejantes y determinados autores afirman que las propiedades de un tendón “puro” no difieren de las de un ligamento “puro” (Rumian, A. 2007).

En función de la especie y de la localización anatómica del tendón, este puede tener dos funciones diferentes: o bien mantener la posición del animal, o bien almacenar energía para optimizar la locomoción. En el caballo, el tendón flexor digital superficial (TFDS), el tendón flexor digital profundo (TFDP) son ejemplos de estructuras que liberan la energía almacenada en forma de elasticidad durante la fase de propulsión de la extremidad. Alexander señala que el 93% de la energía requerida para el estiramiento del tendón se recupera durante la fase de retroceso y el 7% restante se disipa en forma de calor. La baja disipación de energía es una propiedad importante de los tendones, no sólo porque asegura un alto retorno de energía en un retroceso elástico, sino también porque minimiza el daño por calor. El mismo autor afirma que determinados tendones actúan como almacenes de energía, contribuyendo así directamente a reducir las necesidades energéticas en ejercicios intensos (Alexander, R. 2002). Estas estructuras tendinosas encargadas de la optimización de la locomoción están más especializadas ya que poseen unas funciones biomecánicas diferentes y por lo tanto, presentan diferencias en la composición y organización molecular (Batson, E. 2003).

En lo que se refiere a los ligamentos, estos también pueden tener varias funciones ya que los ligamentos peri-articulares (LPA) confieren estabilidad a la articulación que sustentan y otros realizan la misma función de almacén de energía para la propulsión que los tendones comentados previamente, como por ejemplo el ligamento suspensor del menudillo (LSM) en el caballo. Por lo tanto los ligamentos también poseen cierto grado de especialización. Así, los LPA tienen una composición similar a la de los tendones y otros ligamentos pero poseen una anatomía más compleja. Estas estructuras se tensan y relajan en función de la posición de la articulación, facilitando además información propioceptiva (Birch, H. 2013).

3.1. ANATOMÍA MACROSCÓPICA.

Para comprender las actuaciones que se van a realizar en los herrajes ortopédicos se va a describir la anatomía de los tendones y ligamentos sobre los que se va a actuar, con una breve descripción de las articulaciones presentes en la extremidad del caballo, por debajo del nivel del carpo.

En la cara palmar de la caña, el tendón flexor digital superficial (TFDS) se sitúa inmediatamente profundo a la piel y transcurre distalmente a lo largo de la región metacarpiana/metatarsiana, y se relaciona dorsalmente con el tendón flexor digital profundo (TFDP) a lo largo de toda la caña. Proximal al menudillo, el TFDS forma una abertura circular llamada manica flexoria. En su paso por el menudillo, el TFDS junto con el resto de los tendones flexores, quedan rodeados por el ligamento anular palmar del menudillo y los sujeta dentro del surco sesamoideo. Este ligamento anular se fusiona parcialmente con el TFDS, y se une al borde palmar de cada hueso sesamoideo proximal (Kainer, R. 2002).

Tras su paso por el menudillo, el TFDS se bifurca y llega a sus inserciones que se encuentran en la extremidad distal de la falange proximal y en la extremidad proximal de la falange media (Kainer, R. 2002).

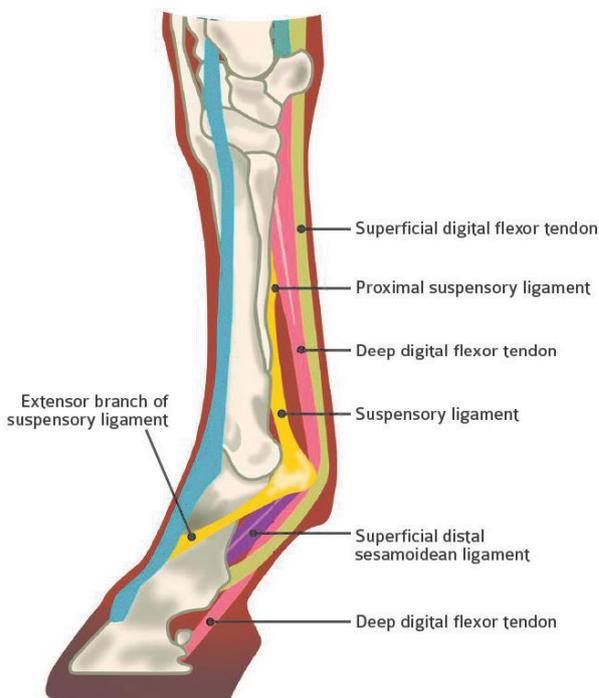


Figura 1. Esquema de los principales ligamentos y tendones de la mano del caballo (Novobrace TM 2014).

El TFDP está situado en la cara palmar de la caña, relacionándose palmarmente con el TFDS y dorsalmente con el LSM a lo largo de toda la región metacarpiana/metatarsiana. Hasta el tercio medio de la caña, este tendón también se relaciona en su cara dorsal con la brida carpiana o ligamento accesorio. Este ligamento refuerza la acción que debe realizar el TFDP y llega hasta el tercio medio de la caña, en donde se fusiona con dicho tendón. Inmediatamente proximal al menudillo el TFDP atraviesa la abertura circular formada por el TFDS (manica flexoria) (Kainer, R. 2002).

En el menudillo, el ligamento anular palmar del menudillo rodea los tendones flexores de la extremidad equina y los sujeta en el surco sesamoideo. En la cuartilla es rodeado por el ligamento anular digital proximal. Aquí, el

TFDS se bifurca para insertarse en los bordes medial y lateral de las falanges proximal y media, y el TFDP desciende entre esas dos ramas (Kainer, R. 2002).

En su curso hacia su inserción en la falange distal, este queda sujeto por el ligamento anular digital distal que lo rodea. Es una hoja de fascia profunda que soporta la porción terminal del tendón. Después, continúa su curso y pasa sobre el fibrocartilago complementario (escuto medio) que es una placa fibrocartilaginosa que se encuentra en la cara palmar de la falange media. Tras su paso por el escuto medio, el TFDP da dos inserciones (secundarias) hacia la parte distal de la falange media en su cara palmar. Continuando distalmente hacia su inserción primaria en la cara flexora del tejuelo, el TFDP transcurre palmar a la bolsa podotrocLEAR, la cual se encuentra entre el tendón y el escuto distal fibrocartilaginosa que cubre la superficie flexora del hueso navicular. En este punto, en donde el tendón cambia de dirección, éste se encuentra almohadillado (Kainer, R. 2002).

El TFDP tiene dos lugares de inserción:

- Inserciones secundarias: son dos, y se encuentran en la cara palmar de la segunda falange, proximal al hueso navicular.
- Inserciones primarias: en la superficie flexora de la falange distal.

La tercera estructura que se va a describir, a diferencia de los anteriores, es un ligamento. El ligamento suspensor del menudillo (LSM) es más corto en las extremidades anteriores en relación a su longitud en las extremidades posteriores. Este ligamento contiene un número variable de fibras musculares localizadas mayormente en la porción proximal y en el cuerpo del ligamento, de ahí que esta porción del ligamento también reciba el nombre de músculo medio interóseo.

Este ligamento tiene su origen en la fila distal de los huesos carpianos/tarsianos y la extremidad proximal del tercer metacarpiano y discurre por el surco metacarpiano. Este surco está compuesto por la superficie palmar del tercer metacarpiano/metatarsiano y las superficies axiales del segundo y del cuarto metacarpianos/metatarsianos. En el cuarto distal de la región metacarpiana/metatarsiana, el LSM se bifurca en dos ramas extensoras y cada una de ellas se dirige hacia el hueso sesamoideo proximal ipsilateral (Kainer, R. 2002).

En el menudillo, las ramas del LSM pasan por la cara abaxial de los sesamoideos proximales. Estas ramas se denominan ramas extensoras y es debido a que a partir de aquí van a tener esa función. Desde los huesos sesamoideos proximales, estas ramas llevan un recorrido hacia distal y oblicuo, atravesando cada lado de la falange proximal hasta alcanzar la superficie

dorsal, en donde se unen con el tendón del músculo extensor digital común, justo antes de su inserción en la apófisis extensora de la falange distal.

La articulación interfalangiana distal (AID) también conocida como articulación de la corona, se compone de la segunda falange, la tercera falange o tejuelo y el hueso sesamoideo distal o hueso navicular. Esta articulación se encuentra en su totalidad dentro del casco del caballo. Las estructuras óseas de esta articulación están íntimamente relacionadas ya que el hueso navicular se relaciona en su cara dorsal con la segunda falange, y en su cara más distal con la tercera falange (Kainer, R. 2002).

La estabilidad de esta articulación la confieren los ligamentos colaterales medial y lateral

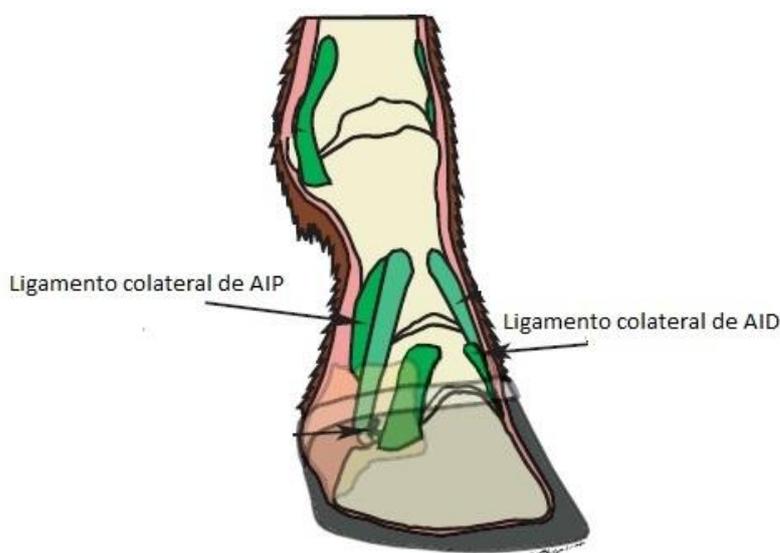


Ilustración 2: ligamentos colaterales de las articulaciones metacarpofalángicas. Adaptado de Davies & Philip (2007).

(figura 2). Se originan en la parte distal de la falange media a ambos lados, y discurren distalmente en profundidad a los cartílagos de la falange distal, para terminar insertándose a cada lado de la apófisis extensora del tejuelo y en la porción dorsal de cada cartílago ungual (Kainer, R. 2002).

En lo que se refiere a la locomoción, la configuración anatómica de esta articulación le permite realizar movimientos en tres planos diferentes: movimientos de flexión y extensión en el plano sagital, movimientos latero-mediales en el plano frontal y movimientos de rotación en el plano transversal (Denoix, J.M. 1994).

3.2. ESTRUCTURA BÁSICA DE LIGAMENTOS Y TENDONES.

En lo referido a la estructura básica de tendones y ligamentos, se consideran tejidos conectivos fibrosos que están caracterizados por una precisa organización de fibroblastos embebidos en una matriz extracelular cuya composición es rica en colágeno. Estas fibras de colágeno se distribuyen en forma de fascículos paralelos a lo largo de las líneas de tensión. A su vez, los

fibroblastos se encuentran longitudinalmente entre las fibras de colágeno. Dichos fibroblastos son los encargados de la síntesis y mantenimiento de las proteínas de la matriz. En caso de existir una lesión van a ser éstas células las encargadas de la reparación del tendón (Moller, H. 2000).

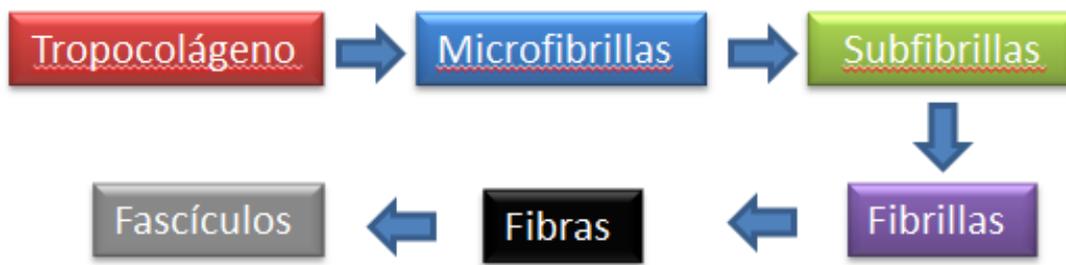
En cuanto a los componentes de la matriz extracelular de tendones y ligamentos, se pueden dividir en dos componentes: los elementos fibrosos y la sustancia básica amorfa. La sustancia básica amorfa es un gel formado por complejos de carbohidratos-proteínas (glicoproteínas no colágenas) y agua. Los tendones y ligamentos están formados en un 65% a 70% de agua y las proteínas no colágenas constituyen el 5%-6% de la materia seca del tendón y ligamento (Smith, R. 2002b).

Las glicoproteínas no colágenas son esenciales para la función y organización del tejido y se dividen en tres grupos:

- COMP: Los niveles de la COMP son más altos al nacer y van aumentando principalmente en las zonas de máxima tensión. Después de la madurez del tendón, los niveles de la COMP decaen en las zonas de tensión pero no en las zonas de compresión. Su principal función es unir y organizar el colágeno fibrilar durante las fases iniciales de la creación de la estructura básica del tendón que es la fibrilla (Smith, R. 2002b).
- PROTEOGLICANOS: se dividen a su vez en dos grupos: los proteoglicanos grandes y los pequeños. Los proteoglicanos grandes retienen agua y son más abundantes en las zonas de compresión. Una distribución y la proporción adecuada de proteoglicanos son esenciales para el correcto funcionamiento del tendón. La composición de proteoglicanos de los tendones se ve afectada por las fuerzas mecánicas a las que están sometidos (Rees, S. 2009).

En cuanto a la porción fibrosa del tendón, se encuentra formada por colágeno y elastina. La elastina es el 1%-2% de la sustancia seca y proporciona elasticidad a estos tejidos. El colágeno es el componente mayoritario de la materia seca, siendo el 80% de esta. El colágeno predominante en los ligamentos y tendones es el Colágeno tipo I, siendo el 95% del colágeno total en tendones y el 85% en ligamentos. El resto de colágeno está constituido por Colágeno tipo III principalmente (Fukuta, S. 1998).

La estructura del colágeno se asienta en la organización jerarquizada de subunidades de tamaño creciente, que podemos esquematizar de la siguiente forma:



Los fascículos a su vez están envueltos por el endotendón, el cual continúa hacia la periferia del tendón, envolviéndolo con lo que se conoce como epitendón. En las zonas en las que el tendón no está incluido en la vaina sinovial, alrededor del epitendón se localiza otra capa fibrosa conocida como paratendón (Waggett, A. 1998) (Figura 3).

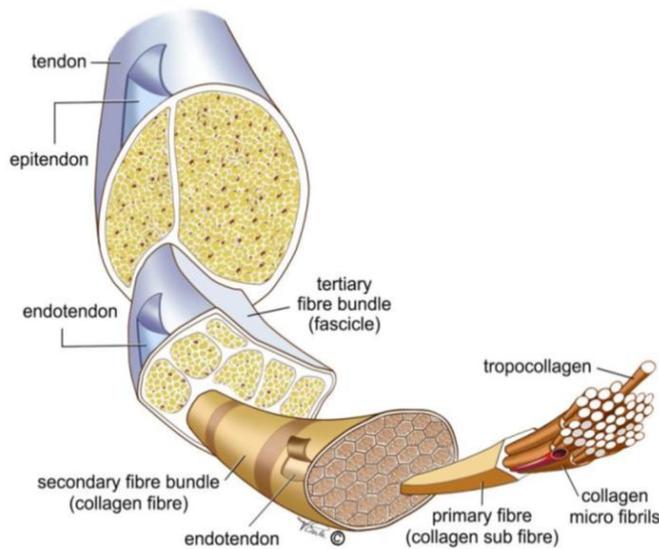


Figura 3. Ilustración de la organización jerarquizada del tendón. Tomado de Collagen Hierarchy; Vicky Earle.

El colágeno se organiza en forma de fibrillas que se unen unas con otras mediante entrecruzamientos covalentes. Otro tipo de entrecruzamiento es el no-covalente (electrostático), que se produce entre los proteoglicanos y glicoproteínas que envuelven las fibrillas de colágeno. Este tipo de enlace no es tan fuerte como el covalente, pero se produce en

gran número y se supone que, finalmente, es el responsable más importante de las propiedades mecánicas del tendón. La organización depende de la colocación de cada haz en sentido hidrofílico e hidrofóbico y de las uniones entre cada molécula. Los proteoglicanos y las glicoproteínas influyen sobre la matriz de colágeno y sobre la agregación de las fibrillas de colágeno (Dahlgren, L. 2005).

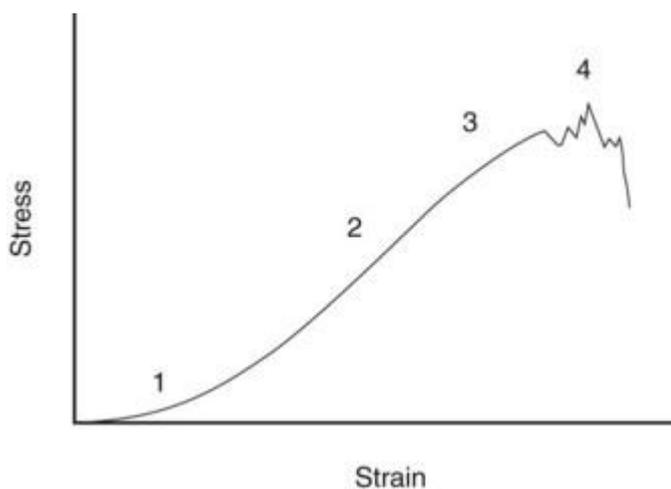
En estado de relajación, las fibrillas de colágeno presentan forma de espiral. El “rizado” imparte elasticidad al tendón en las fases tempranas de carga y este va disminuyendo con la maduración del tendón o con el trabajo. A los dos años de edad el tendón es morfológicamente maduro y presenta características mecánicas de mayor rigidez, disminución en el ángulo de elasticidad y disminución en el grosor de las fibras de colágeno (Dowling, B.

2000). Esta disminución en la elasticidad y aumento de la rigidez del tendón podrían favorecer la aparición de tendinopatías en el caballo. Por otra parte, el diámetro y el número de las fibrillas disminuye con la edad, lo que predispone a los caballos al aumento de lesiones tendinosas con la edad (Smith, R. 2002a).

3.3. BIOMECÁNICA.

Las fibras de colágeno que forman el tendón son las responsables de las características propias de éstos. Mantienen un patrón rizado cuando éste se encuentra relajado. Cuando el tendón se tensa, estas fibras de colágeno lo primero que hacen es perder esa morfología rizada. Estudios in vitro de cargas de tendones han establecido una curva de deformación de los tendones. En dicha curva se puede diferenciar cuatro zonas (Birch, H. 2013):

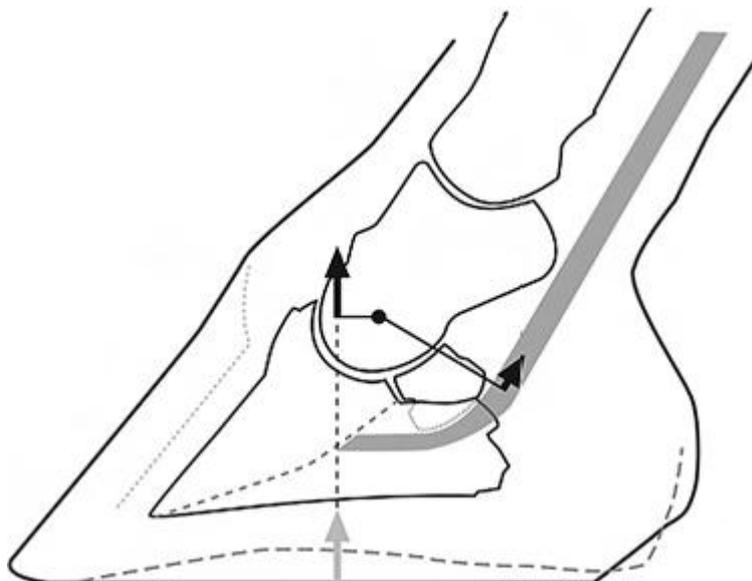
1. Línea base: en esta parte de la gráfica la relación entre la carga aplicada y la deformación del tendón no es lineal. Esto se asocia con la pérdida del patrón rizado de las fibras de colágeno.
2. Deformación lineal: aquí el tendón sufre una elongación que se relaciona linealmente con la carga aplicada. Se da por la elongación de las fibrillas de colágeno y por el deslizamiento de las fibras de colágeno.
3. Punto de fluencia o cedencia: es el punto a partir del cual el tendón sufre una deformación irreversible.
4. Ruptura: las fibras de colágeno no pueden aguantar tanta carga y se rompen, lo cual conlleva que la curva descienda rápidamente a cero.



Gráfica 1: gráfica que refleja la curva de deformación de los tendones. Tomado de Equine Sport Medicine and Surgery.

Como ya se ha mencionado anteriormente, las estructuras tendinosas además de dar soporte, también almacenan energía que es liberada durante la locomoción para que ésta sea más eficiente desde el punto de vista del gasto energético. Esto sucede en la mayoría de los animales, pero en los que son de menor tamaño este ahorro no es tan significativo como en el caballo, todo ello debido a su tamaño y a las velocidades que puede llegar a alcanzar.

Biewener estudió en 1998 las tensiones y la energía que almacenan los tendones en los caballos, así como el ahorro energético gracias a la energía elástica almacenada en ellos. Este estudio afirma que puede suponer entre el 20% y el 40% del trabajo mecánico de la locomoción del caballo. Una de las conclusiones de este autor es que a pesar de que el trabajo mecánico total aumenta de manera exponencial con el aumento de velocidad, el gasto de energía metabólica lo hace de manera lineal, lo cual explica también que este almacén de energía se maximice a altas velocidades (Biewener, A. 1998).



Los conceptos de biomecánica a tener en cuenta para los diferentes herrajes ortopédicos son la fuerza de reacción del suelo (GRF), centro de presión del casco, el centro de rotación de la articulación interfalángica distal y el despegue.

Figura 4: esquema del lugar de aplicación de la GRF (flecha gris), del centro de rotación de la articulación interfalángica distal (punto) y de los brazos de palanca del momento creado. Tomado de los proceedings de la AAEP (2012)

- Fuerza de reacción del suelo (GRF): es la fuerza ejercida por el suelo en respuesta a la fuerza que el casco del caballo ejerce sobre él. Esta fuerza va a ser del mismo valor que la que haya ejercido el caballo pero de dirección contraria. El valor dependerá del peso del caballo, de su velocidad y de la superficie sobre la que se mueva (Eliashar, E. 2012).
- Centro de rotación de la AID: es el punto a partir del cual se crean los momentos de la fuerza que suceden en la locomoción en dicha articulación. Su proyección en la cara palmar del casco se encuentra en la intersección entre la parte más ancha del casco y una línea imaginaria que divide el casco de dos mitades idénticas (Eliashar, E. 2012).
- Centro de presión del casco: también llamado punto de momento cero porque es el punto en el que el momento total creado por las fuerzas en el casco se contrarrestan. En este punto es donde se aplica la fuerza de reacción del suelo. Cuando el caballo se encuentra en estación este punto se encuentra por delante del centro de rotación de la AID, lo cual crea un brazo de palanca con respecto al eje rotación de la articulación

(Figura 4). Esto configura el momento (físico) extensor de la AID, es decir la tendencia a extender dicha articulación. Para evitar esa extensión es necesario otro momento de flexión que la contrarreste y la fuerza para crearlo viene del TFDP en su trayecto por el hueso navicular. Durante la locomoción este punto va a ir cambiando de lugar y con él, el punto de aplicación de la fuerza de reacción del suelo (Parks, A. 2012).

- Despegue: es una de las fases de movimiento del caballo y hace referencia al momento en el que el casco deja de tener contacto con el suelo y comienza la fase de vuelo del mismo. El punto de despegue se refiere al último punto del

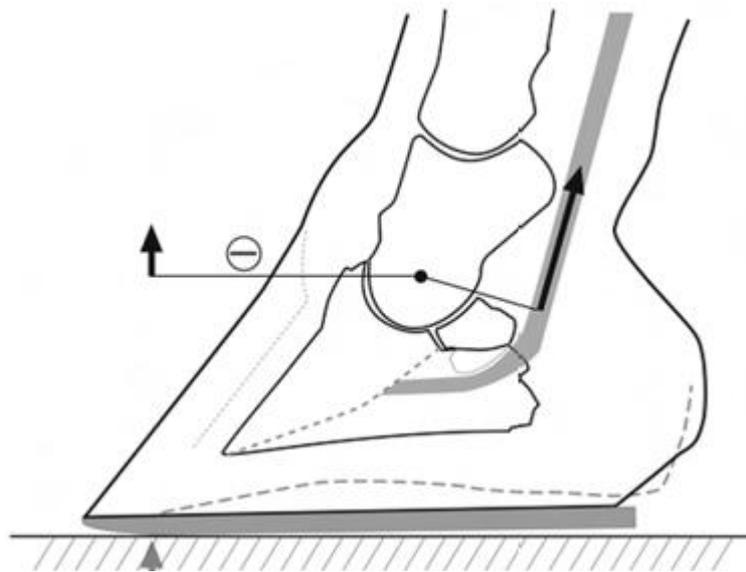


Figura 5: desplazamiento caudal del punto de despegue. Tomado de los proceedings de la AAEP (2012)

casco que se encuentra en contacto con el suelo inmediatamente antes de que comience la fase de vuelo. En el herraje ortopédico, una de las actuaciones realizadas más frecuentemente consiste en modificar el punto de despegue. De este modo se acorta el brazo de palanca perteneciente al momento extensor, y por tanto la fuerza que debe realizar el TFDP para levantar el casco es menor (Figura 5) (Eliashar, E. 2012).

3.4. FISIOPATOLOGÍA DE LAS LESIONES TENDOLIGAMENTOSAS.

Las lesiones de ligamentos y tendones vienen dadas principalmente por sobreesfuerzo de estas estructuras. Las lesiones por sobreesfuerzo son el resultado de dos posibles mecanismos (Birch, H. 2013):

1. Por una sobrecarga excesiva repentina del tendón que supere su capacidad de resistencia biomecánica.
2. Por un proceso de degeneración el cual precede a la lesión clínica. Este proceso es considerado como la etiología más habitual para este tipo de lesiones.

Esta degeneración está basada en cuatro observaciones:

- La identificación de lesiones asintomáticas en estudios *post mortem* de caballos que no presentaban claudicación. Algunas de estas ya pueden diagnosticarse in vivo mediante ecografía del tendón afectado.
- La mayoría de las tendinopatías clínicas suelen ser bilaterales, encontrándose una de las extremidades la más afectada. En algunos casos en que la lesión detectada ecográficamente es unilateral, estudios de flujo sanguíneo (Jones, A. 1993) han demostrado que la irrigación para el tendón contralateral está aumentada, lo cual podría sugerir que dicha estructura no se encuentra totalmente “sana”.
- Estudios epidemiológicos han demostrado la relación entre edad y ejercicio, y lesión tendinosa (Williams, R. 2001; Avella, C. 2009).
- Siguiendo estos estudios epidemiológicos, se han realizado investigaciones experimentales que han demostrado que realmente existe una degeneración de tendones asociada a una acción sinérgica de la edad y el historial de ejercicio (Smith, R. 2002a).

El proceso de degradación de la matriz está relacionado con el aumento de temperatura que sufre el tendón debido a la histéresis, o lo que es lo mismo, la cantidad de energía que se pierde entre el estiramiento y el retroceso. El tendón al estirarse requiere más energía que cuando vuelve a su estado y ese exceso de energía es liberado en forma de calor. La temperatura en el tendón puede ascender hasta 46 °C lo cual puede dañar la matriz. Sin embargo, los tenocitos parecen no verse afectados a pesar de que fibroblastos de otras localizaciones no sean viables tras someterlos a esta temperatura (Birch, H. 2013).

Esta degeneración que está relacionada con una inflamación molecular no provoca un proceso de reparación, pero va debilitando al tendón progresivamente. La lesión clínica ocurrirá cuando exista un estrés que sobrecargue la estructura tendinosa/ligamentosa y provoque un daño irreversible. Este daño induce el proceso de reparación del tendón el cual pasa por varias fases (Thomopoulos, S. 2015):

1. Fase inflamatoria: macrófagos y neutrófilos llegan a la lesión y fagocitan las sustancias de desecho y liberan factores de crecimiento necesarios para activar los fibroblastos. En esta fase los fibroblastos del tendón comienzan a sintetizar matriz extracelular.
2. Fase reparativa: esta fase se inicia algunas horas después de producirse la lesión y consiste en la neovascularización de la zona afectada, crecimiento y proliferación de los fibroblastos, los cuales sintetizarán matriz extracelular. Durante esta fase los

síntomas de la inflamación van desapareciendo. El colágeno y el resto de componentes de la matriz extracelular neoformados se disponen al azar formando una cicatriz, en donde predomina el colágeno tipo III.

3. Fase de remodelación/maduración: se procede a la reorganización de las fibras de colágeno que están formando el tejido cicatricial. Las fibras de colágeno se disponen en paralelo siguiendo el vector de las fuerzas de tracción que sufra el tendón. Esta

fase puede durar meses o incluso un año. El término maduración se refiere al aumento de fibrillas de colágeno tipo I, las cuales se distribuyen en una forma más similar a la forma tendinosa original.

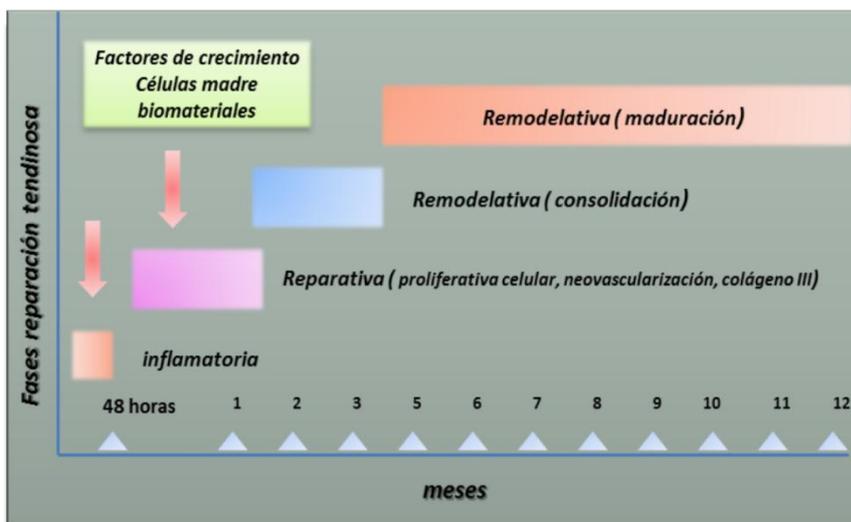


Figura 6: evolución cronológica del proceso de reparación de tendones/ligamentos. Tomado de Romero (2016).

3.5. FACTORES DE RIESGO.

La probabilidad de que un tendón o un ligamento se lesionen varía en función de la disciplina deportiva o actividad a la que se destina el caballo. De esta manera se observa que, en caballos de élite de concurso completo el TFDS tiene más riesgo; en caballos de salto de élite son el TFDS y el TFDP y en caballos que practican la doma clásica, tanto de alto nivel como de niveles más bajos, es el aparato suspensor el que presenta mayor riesgo (Murray, R. 2006). En el caso de los caballos de carreras las estructuras más expuestas son el TFDS y el aparato suspensor (Williams, R. 2001).

La conformación anatómica del animal también puede aumentar el riesgo, principalmente la del casco. Así encontramos que una conformación del casco en la que las lumbres descienden por debajo de los talones, o la subida de talones respecto a las lumbres, induce cargas en las estructuras encargadas de sostener la articulación metacarpofalángica (TFDS y LSM)(Smith, R. 2011). Por lo tanto, el herraje y recorte son también factores a tener en cuenta ya que esas conformaciones del casco pueden venir dadas por las actuaciones que se hayan realizado en herraje (Birch, H. 2013).

Las superficies sobre las que trabaja el caballo también son un factor a tener en cuenta: superficies blandas van a predisponer a una tendinitis del TFDS al permitir que la pinza se hunda en el terreno. A pesar de ello, se ha demostrado que el uso de arena tiene pocos efectos sobre las tensiones que sufren los tendones. El efecto de las superficies en las tendinitis está más relacionado con la velocidad del que el caballo puede adquirir sobre cada superficie. La velocidad se relaciona con tensión en el TFDS. De este modo, las superficies que hacen que el caballo se mueva más lento tienden a ser más protectoras para dicho tendón, en contraposición a las superficies más duras y secas(O'Sullivan, C. 2007; Birch, H. 2013).

Otro factor de riesgo para el TFDS es la fatiga muscular, la cual causa incoordinación y aumenta las cargas que tiene que soportar el TFDS. Por lo tanto, hay que tener especial cuidado después de un gran esfuerzo físico, sobre todo, tras competir.

El último factor de riesgo viene dado por el número de ciclos de carga que ha sufrido el tendón. Por consiguiente, a mayor edad y mayor historial deportivo del caballo, más riesgo va a tener de sufrir una tendinitis. Esto es capaz de explicar que caballos viejos y sedentarios sean todavía capaces de desarrollar una tendinitis (O'Sullivan, C. 2007; Smith, R. 2011).

4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.

El aparato locomotor de los caballos es fundamental para el desarrollo de las diferentes disciplinas deportivas. La aparición de lesiones que afecten a tejidos de este sistema va a tener como resultado que el caballo no pueda llevar a cabo de forma normal su actividad, o que incluso su permanencia en la disciplina se vea comprometida lo que puede suponer una prematura retirada(Frisbie, D. 2010). De hecho, las enfermedades más comunes en esta especie son aquellas que afectan a su aparato musculoesquelético, lo que se traduce en un importante impacto económico para la industria del mundo del caballo (Carmona, J. 2011).

El principal problema que presentan los tejidos como el tendón, el ligamento es su limitada capacidad de regeneración. Tras la lesión, el tejido tendinoso o ligamentoso sufre un proceso de fibrosis y se produce una lenta cicatrización, que da lugar a un tejido reparado, con diferente arquitectura de las fibras y diferentes características de elasticidad y fuerza que el tejido original, lo que tiene importantes consecuencias en cuanto al rendimiento del caballo (Godwin, E. 2012). Además, los caballos afectados con estos problemas tienen una predisposición de recaída aproximadamente del 80% (Halper, J. 2006).

Las enfermedades más comunes en el caballo son aquellas que afectan a su aparato musculoesquelético. Estudios realizados en caballos de carreras demuestran que estas lesiones producen importantes pérdidas económicas, y representan cerca del 82% de los problemas por pérdida de rendimiento deportivo. Más concretamente, del total de lesiones que afectan al aparato locomotor, se estima que entre el 46 y el 53% corresponden a lesiones de tendones y/o ligamentos.

Dentro de las patologías tendinosas, la tendinitis del TFDS (TFDS) es la lesión más común y la incidencia de recidiva es relativamente alta (Estrada, RJ. 2014) debido a que este tipo de tejidos sanan muy lentamente y el tejido reparado no tiene las mismas características de elasticidad y fuerza tensil que el tejido original (Dowling, B. 2000).

Los mecanismos de reparación natural no permiten que los tendones y ligamentos lesionados se recuperen completamente y esto hace que los caballos afectados con estos problemas tengan una predisposición de recaída aproximadamente del 80% (Carmona, J. 2011).

Actualmente, se considera a las tendinopatías como una lesión por sobreuso o sobrecarga del tendón y se conocen multitud de factores de riesgo que predisponen al paciente a padecerla (Dakin, S. 2014).

Estas lesiones son frecuentes tanto en animales de alto rendimiento como los destinados al recreo y ocio.

Durante los últimos años, se ha incrementado el conocimiento de la fisiología del tendón y algunos aspectos biológicos del tejido conectivo pudiéndose esclarecer a nivel molecular varios procesos bioquímicos relacionados con la fisiopatología de estas lesiones.

Por todo ello, los objetivos de esta revisión bibliográfica son:

- Describir los diferentes herrajes ortopédicos aplicados en la rehabilitación de cada una de las patologías descritas en el trabajo.
- Estudiar y profundizar los efectos biomecánicos que dichas actuaciones ortopédicas van a tener sobre las diferentes estructuras involucradas.

5. METODOLOGÍA

La revisión bibliográfica se ha llevado a cabo consultando libros de referencia en la disciplina, artículos publicados en revistas científicas y actas de congresos relacionados con la

clínica equina. Para ello se han empleado bases de datos como PubMed o ScienceDirect, buscadores académicos como Google Scholar o repositorios con contenido técnico, tales como ivis.org (International Veterinary Information Service).

Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron: “tendinopathy”, “desmopathy”, “tendinitis” y “orthopaedic shoeing” combinadas, mediante operadores booleanos con “equine” y “horse”, para restringir los resultados de la búsqueda a esta especie.

La gestión de todas las referencias bibliográficas se ha llevado a cabo con el programa RefWorks.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTOS ACTUALES DE LAS TENDINITIS/DESMITIS.

El diagnóstico de la tendinitis o desmitis en los équidos se basa principalmente en la historia del animal (suele estar precedido de ejercicio intenso) y el desarrollo de los signos típicos de la inflamación (calor, dolor y aumento de tamaño de la zona afectada). Puede estar acompañado de cojera o no. Estos signos clínicos aparecen posterior a la lesión, por ello, en lesiones agudas que presentan signos leves aún no se puede asegurar que la tendinitis también lo es.

La palpación es una parte importante en el diagnóstico, y hay que realizarla en la extremidad cuando el caballo está soportando su peso y también con dicha extremidad levantada. En estos procedimientos se valora la respuesta al dolor, el posible alargamiento de la estructura afectada y su consistencia (si la lesión es reciente la consistencia será blanda, mientras que si es más antigua será más firme.)

Mediante el examen clínico posiblemente no se detecten lesiones muy pequeñas. Además es difícil llegar a conocer la severidad y extensión real de la lesión. Por estas razones, es necesario proceder a evaluar el área afectada mediante ultrasonidos. Una sonda lineal de alta frecuencia da imágenes de alta calidad de los tendones flexores y del LSM. Esta exploración ecográfica se debe realizar como mínimo a los 4-7 días tras la instauración de la lesión, debido a que ésta se expande durante los primeros días y podría conducir a error en la instauración de su pronóstico (Birch, H. 2013).

Es recomendable preparar la extremidad para este procedimiento mediante el recorte del pelo y lavado con mucha agua para hidratar la piel y que los ultrasonidos se transmitan sin ningún problema, obteniéndose así una imagen de buena calidad. El caballo debe estar bien cuadrado para realizar el examen ecográfico.

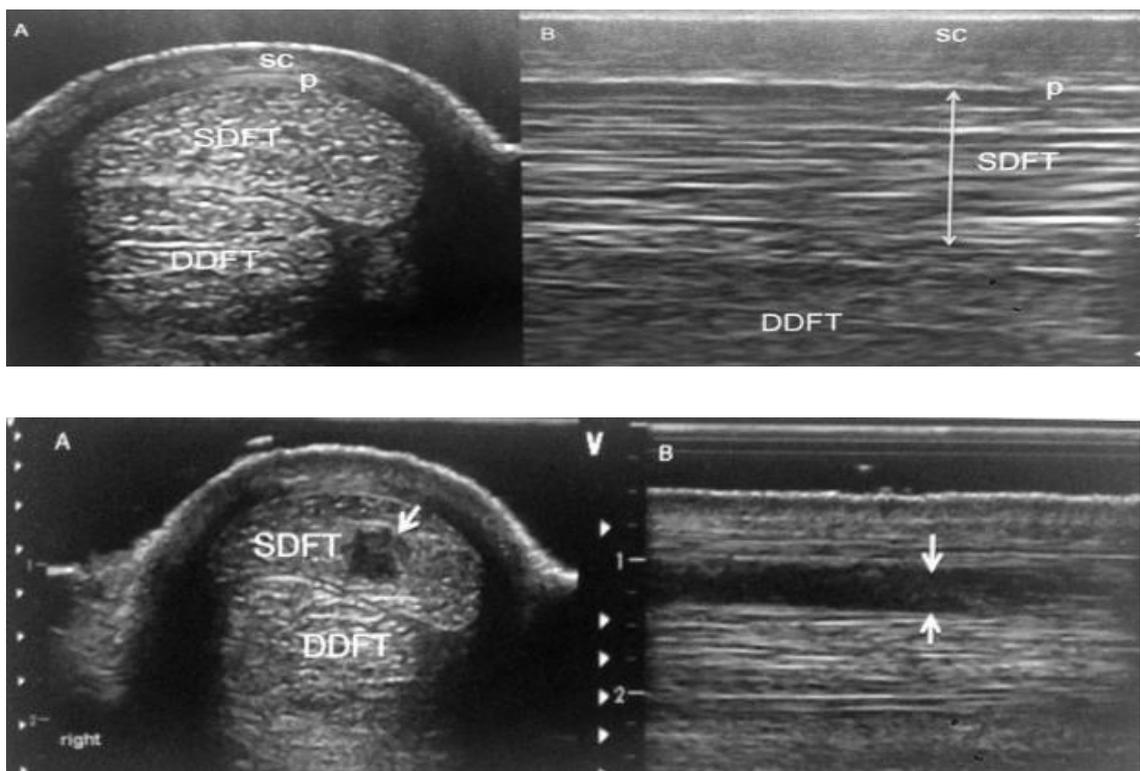


Figura 7: imagen ecográfica transversal (izquierda) y longitudinal (derecha). Arriba: TFDS y TFDP sanos; abajo: lesión hipoeoica del TFDS. Tomado de "Les Ferrures Orthopediques Adaptees Aux Principales Pathologies Locomotrices du Cheval de Sport. Marcelin, S. (2015)

Se deben obtener imágenes tanto transversales, como longitudinales de toda la región afectada. Las estructuras flexoras de la cara palmar del metacarpo/metatarso se pueden ecografiar satisfactoriamente desde la cara palmar de la extremidad, exceptuando las ramas extensoras del LSM, que se deben abordar por las partes medial y lateral en la cuartilla (Birch, H. 2013).

Los hallazgos que podemos encontrar en un tendón lesionado son el aumento de volumen, modificaciones en la forma, alteraciones en la ecogenicidad y en el patrón de las fibras del tendón, y la reacción inflamatoria circundante a la lesión.

Los hallazgos ecográficos varían en función del tiempo que lleva instaurada la lesión. De este modo encontramos diferencias entre una tendinitis aguda y otra crónica (Davis, C. 2005):

- Tendinitis aguda: se puede encontrar aumento del volumen del tendón, ecogenicidad disminuida (focal o general), bordes modificados o poco definidos con la posibilidad de encontrar zonas totalmente anecoicas. Estas pérdidas de ecogenicidad pueden ser debidas a dos situaciones: por presencia de daños en la estructura fibrilar del tendón o por el proceso inflamatorio que sucede al inicio de la lesión.

- Tendinitis crónica: aumento de volumen más pronunciado, ecogenicidad heterogénea y alteración en el patrón fibrilar en las secciones longitudinales.

Para valorar mejor la lesión es recomendable realizar un estudio comparado con la extremidad contralateral, aunque en ocasiones esto no resulta útil por la presencia de patologías que afecten a ambas extremidades (Davis, C. 2005).

La caracterización de las lesiones tendinosas y ligamentarias se lleva a cabo mediante la evaluación de (Craychee, T. 1995):

- Región o punto de la lesión.
- Longitud de la lesión.
- Patrón de la ecogenicidad modificada.
- Alteración del patrón longitudinal de las fibras del tendón.
- Área de sección de la lesión respecto al área total en %.
- Evolución ecográfica de la lesión.

Aunque hay más métodos para clasificar la lesión, como el sistema de puntuación propuesto por Rantanen (Rantanen, N. 2003), el cual se basa en el patrón de ecogenicidad.

Un parámetro importante para establecer la gravedad de la lesión es evaluar el área de sección transversal (%CSA) de la lesión. Para medirla, hay que encontrar el punto de máxima extensión de la zona dañada mediante exploración transversal ecográfica. La interpretación del %CSA es la siguiente (Smith, R. 2008):

- $\leq 10\%$: lesión leve
- 10%-40%: lesión moderada
- $\geq 40\%$: lesión severa.

Si se sospecha de una desmitis del LSM, también es necesario recurrir a la radiología, pues al estar relacionado con el metacarpo se pueden encontrar hallazgos radiológicos como por ejemplo fracturas por avulsión en el origen de este ligamento o esclerosis del hueso. Este último se relaciona con una lesión crónica. Al igual que en el examen ecográfico, también es recomendable hacer un estudio comparado con la extremidad contralateral (Peters, D. 2015).

6.1.1. TRATAMIENTOS BASADOS EN MÉTODOS FÍSICOS.

Un gran número de tratamientos hay descritos para las tendinitis/desmitis. El más simple se compone de crioterapia y vendajes. Lo que se busca con esto es reducir la

inflamación y proporcionar analgesia mediante la aplicación de frío, y mejorar el drenaje linfático con la aplicación de vendajes compresivos suaves. Este tratamiento es útil en la fase aguda de la tendinitis (Dahlgren, L. 2009).

Otro tratamiento posible son los ultrasonidos, los cuales actúan reduciendo la inflamación y además tienen efectos positivos sobre la estimulación de la síntesis de las nuevas fibras de colágeno y de la correcta alineación de éstas.

Las ondas de choque constituyen otra herramienta para el tratamiento de esta patología, la cual ha ganado popularidad a pesar de que no se conocen totalmente los mecanismos de actuación.

Por último, la fisioterapia también está ganando popularidad en la rehabilitación equina, sobre todo en los caballos deportistas de élite (Romero, A. 2016).

6.1.2. TRATAMIENTOS TÓPICOS.

También se pueden encontrar terapias tópicas, que consisten en la aplicación de diversas sustancias antiinflamatorias vehiculadas mediante dimetil sulfóxido (DMSO). El DMSO tiene atribuidas diversas funciones que van desde antiinflamatorias y secuestrante de radicales libres (que son perjudiciales para el tejido perilesional), además de la función ya mencionada como vehiculizante de diferentes sustancias gracias a sus características hidrofílicas (Caldwell, F. 2004).

6.1.3. MEDICINA REGENERATIVA.

La medicina regenerativa es ahora la más usada y consiste en la inyección intralesional de plasma rico en plaquetas o células madre. El mecanismo de acción de estos tratamientos consiste en la mejora de la calidad del tejido de reparación del tendón, lo cual es muy importante debido a la alta incidencia de recidiva que hay en estas patologías (Romero, A. 2016).

6.1.4. TRATAMIENTOS MEDICO-QUIRURGICOS.

También existen tratamientos quirúrgicos los cuales se aplican solo en tendinitis del TFDS de grado moderado a grave en donde el tratamiento médico ha fallado. Las dos técnicas existentes son la desmotomía del ligamento accesorio de dicho tendón y la tenotomía del cuerpo tendinoso.

Entre las terapias médicas están la aplicación de antiinflamatorios no esteroideos como el flunixin meglumine y la fenilbutazona, aunque con resultados controvertidos. La aplicación de éstos debe ser entre las dos primeras semanas para reducir los efectos de la inflamación y para proporcionar analgesia. Los corticoesteroides no están aconsejados excepto en las primeras 24 horas por su poder antiinflamatorio. También se han usado diversas sustancias como el hialuronato de sodio (ácido hialurónico) intralesional o glicosaminoglicanos polisulfatados intralesionales y sistémicos dando resultados contradictorios. El medicamento más prometedor para el tratamiento de la tendinitis aguda era el β -aminopropionitrilo fumarato hasta la aparición de la medicina regenerativa, debido a que mejora la calidad del tejido cicatricial que se forma tras la lesión (Dahlgren, L. 2009).

Independientemente de la opción terapéutica que el clínico veterinario decida, es muy importante el cumplimiento de un programa de rehabilitación, debido a la gran tasa de recaída de estas patologías (Dowling, B. 2000).

6.1.5. HERRAJE ORTOPÉDICO.

Por último, nos encontramos con los herrajes ortopédicos, los cuales tienen dos objetivos principales en las tendinopatías y desmopatías (Denoix, J. 2005; Castelijns, H. 2012):

- Reducir la tensión en el tendón afectado en sus estadios iniciales para evitar una lesión mayor y promover los pasos iniciales para la recuperación.
- Inducir una elongación progresiva del tendón, con el objetivo de mejorar la deformabilidad del tejido regenerado (cicatriz). El objetivo de esto es evitar la retracción del tendón y disminuir las posibilidades de recaer.

El herraje terapéutico tiene por finalidad la prevención y el tratamiento de multitud de lesiones que no solo están localizadas en el casco sino también en el resto de la extremidad. Las diferentes actuaciones que tiene el herraje ortopédico para lograr una función específica son (Castelijns, H. 2012):

1. *Modificaciones del despegue*: consiste en desplazar el punto de despegue en dirección palmar. Esta modificación se consigue de dos maneras posibles: mediante “Rolling” (figura 5) que consiste en redondear los bordes de la herradura, o mediante la colocación de una herradura con pinza estrecha, de modo que el casco sobresalga por delante de esta.
2. *Modificación de la superficie de la herradura en contacto con el suelo*: esto sólo es efectivo en caballos que se muevan en terreno blando ya que este punto se basa en el

hundimiento del casco en el terreno. Estas modificaciones provocarán cambios en el punto donde actúa la fuerza de reacción del suelo.

3. *Modificaciones del soporte del casco y del soporte del peso:* consiste en modificar la herradura de tal manera que reclute más partes del casco a la hora de soportar el peso

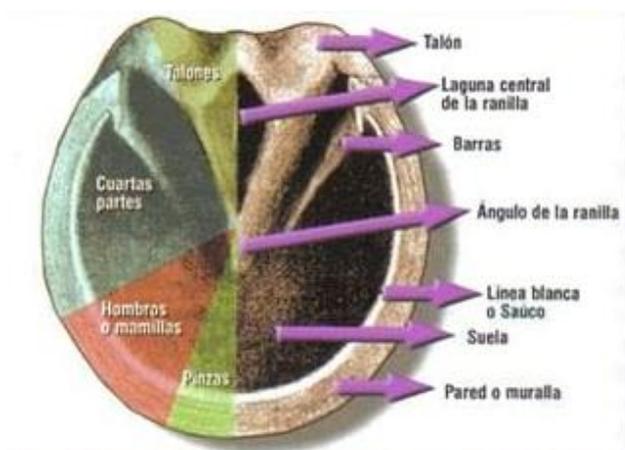


Figura 8: visión de la cara palmar del casco. Las barras y la ranilla son las partes "reclutables". Tomado de "Casco, inspección y evaluado del herrado, Navarrete, F. 2009.

Figura 9: herraje en el que se han reclutado las barras. Tomado de Castelijns, 2012.

del caballo. Estas partes "reclutables" del casco son las barras o candados de la palma y la ranilla(figuras 8 e 9).

4. *Herraje que absorba las fuerzas de impacto:* consiste en disminuir las vibraciones que sufre el casco, principalmente para los caballos que trabajan sobre superficies duras. Esto se consigue aplicando materiales que hagan de almohadilla como material de impresión dental o colocando herraduras de polímeros blandos y semi-rígidos (Figura 10).
5. *Reducción del peso de la herradura:* principalmente mediante el uso de herraduras de aluminio. El aluminio tiene grandes beneficios como la reducción de las vibraciones en el casco sobre superficies duras, da mayor agarre y causa menor fatiga por su mayor ligereza. De ahí que cuando haya que realizar un herraje ortopédico este material sea el de elección.
6. *Estabilización de defectos en la muralla del casco:* mediante el uso de pegamentos y polímeros de reconstrucción.



Figura 10: herradura de plástico. Tomado de <http://www.duplo-frank.de/fr/>

Ninguna de estas actuaciones ortopédicas tendrá el efecto deseado si el casco no es recortado y balanceado correctamente. Incluso pueden ser contraproducentes si no se ha realizado correctamente el recorte del casco (Ritcher, R-A 2015).

6.2. HERRAJE ORTOPEDICO EN LA TENDINITIS DEL TFDP.

Para aliviar tensión en el TFDP, todos los autores consultados afirman que para conseguirlo es necesario elevar los talones (Figura 13)(Castelijns, H. 1999; Buchner, H. Diciembre 2005; Ritcher, R-A 2015). Denoix y sus colaboradores proponen en el año 2005 un programa de herraje (Denoix, J. 2005):

1. En los primeros 3 meses desde que se sufre la lesión, el herraje aconsejado es herradura de huevo a la que se le ha realizado "rolling" si el caballo permanece sobre superficies blandas, con esto se evita que el caballo hunda los talones en el terreno y por tanto, y con ello, que el tendón lesionado se estire. En caso de permanecer sobre superficies firmes, se aplicará la misma herradura pero con elevación de talones. Independientemente del tipo de herradura que se vaya a usar puede aplicarse una plantilla para levantar los talones. Con esto se evita que el caballo hunda los talones en el terreno y con ello que el tendón lesionado no se estire. Además con el "rolling" de la herradura conseguimos retrasar el punto de despegue, lo cual implica que el TFDP debe realizar menos fuerza para elevar el casco (Figura 5).
2. En los siguientes tres meses, si los controles ecográficos son favorables, se coloca una herradura plana con "rolling" en la pinza de la herradura.
3. Cuando la lesión ya ha cicatrizado, pero esta cicatriz no posee las fibras ordenadas apropiadamente, una herradura plana sin "rolling" en la pinza es la apropiada para reducir la rigidez de la parte afectada. El ejercicio en esta fase (6-9 meses después de la lesión) debe ir aumentando progresivamente para una buena rehabilitación.



Figura 11: herradura de huevo con rolling en la pinza. Tomado de victoryracingplate.com



Figura 12: herradura plana de aluminio con "rolling". Diseñada por Jean Marie Denoix (Vaillant, Denoix 2014).

Esta elevación de talones que alivia tensión en el TFDP también se puede usar en otras patologías en las que se requiera esta disminución de tensión.

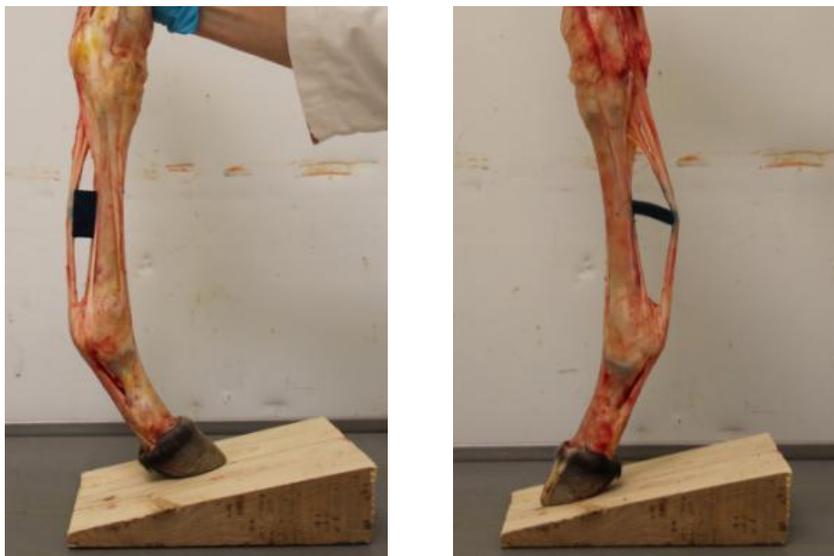


Figura 13: diferencia de tensión en el TFDP con los talones descendidos (izquierda) y elevados (derecha). Tomado de "Les Ferrures Orthopediques Adaptees Aux Principales Pathologies Locomotrices du Cheval de Sport. Marcelin, S. (2015)

6.3. HERRAJE ORTOPÉDICO EN LA TENDINITIS DEL TFDS.

En esta actuación ortopédica hay cierta discrepancia y no hay una concordancia en la bibliografía. Por ello hay muchas propuestas para el herraje indicado en esta patología.

Unos autores afirman que lo más indicado sería realizar el mismo procedimiento indicado para la desmitis del LSM. Este consiste en el uso de una herradura con lumbre ancha y ramas finas biseladas (superficies blandas), con el fin de prevenir la extensión del menudillo. Esta herradura consigue que los talones se hundan en el terreno (Ritcher, R-A 2015). Además la herradura de elección sería de aluminio (Denoix, J. 2005).

Otros autores afirman que lo único necesario es un correcto balance del casco con la posibilidad de colocar una herradura o no. En caso de colocarla, sería una herradura plana, es decir, una herradura normal. (Ferrie, J. 2002).

No se conoce exactamente qué tipo de herraje se ha de realizar para aliviar tensión en este tendón. De hecho, en gran parte de la bibliografía consultada se especifica cómo deben de ser los herrajes en las patologías del TFDP, en el LSM y en la desmitis de los ligamentos colaterales de la AID pero no hacen mención del TFDS. Esto demuestra la poca claridad que existe acerca del herraje indicado para las lesiones de dicho tendón.

6.4. HERRAJE ORTOPÉDICO EN LA DESMITIS DEL LIGAMENTO COLATERAL DE LA AID.



Figura 14: herradura de aluminio asimétrica con una rama ancha y otra estrecha y biselada, diseñada por Jean Marie Denoix (Vaillant, Denoix 2014)

El uso del herraje ortopédico es esencial en el control y tratamiento de la desmitis de los ligamentos colaterales de la AID (Denoix, J. 1999). Es necesaria una superficie regular y blanda para la rehabilitación de esta desmitis. Esto se debe al tipo de herradura que se va a aplicar. Se considera una herradura dinámica, pues su efecto se produce cuando el caballo se mueve sobre una superficie blanda, mientras que cuando se encuentra en estación, este herraje no realiza su función. Es una herradura asimétrica con una rama ancha, y otra estrecha (figura 14), la cual se ha

biselado en su parte más caudal. La rama más ancha estará colocada en la mitad del casco donde se encuentre la lesión, y la rama estrecha la otra mitad donde se encuentra el ligamento colateral sano. Esto se realiza con el fin de que la rama ancha impida el hundimiento del casco en el terreno, mientras que la rama estrecha se hunda (Denoix, J. 2005). Esto conduce a un apoyo asimétrico que limita la tensión que sufre el ligamento afectado, en detrimento del ligamento sano contralateral, el cual sufrirá una ligera sobrecarga. De ahí que el herraje normal deba ser retomado en unos 6 meses después de la lesión. Otro riesgo de este herraje es que se aumenta la presión que sufre la articulación interfalángica distal en la región donde se encuentra la parte ancha de la herradura, puesto que el punto de presión donde se aplica la fuerza de reacción del suelo se desplaza hacia dicho punto (O'Grady, S. 2011).

6.5. HERRAJE ORTOPEDICO EN LA DESMITIS DEL LSM.

6.5.1. DESMITIS PROXIMAL Y DEL CUERPO DEL LSM.

Para la desmitis del cuerpo del LSM el autor Peters afirma que el programa de herraje debe comenzar temprano tras la lesión, y las actuaciones a realizar pueden ser dos en función de si la superficie sobre la que se mueve el caballo es firme o blanda. En ambas, el objetivo es el mismo y se trata de aliviar tensión del LSM y sobrecargar el TFDP (Peters, D. 2015).

- En superficies firmes: descender talones y retrasar el punto de despegue.



Figura 15: herraje para desmitis del LSM. Tomado de Castelijn (2012).

- En superficies blandas: la aplicación de una herradura con pinza ancha y ramas finas. Esto va a provocar que el caballo hunda sus talones en el terreno, evitando la flexión del menudillo, y por tanto aliviando la tensión en el LSM (Figura 16).

Estas actuaciones reducen la tensión en el LSM en todo su recorrido, por lo que también se puede aplicar en el caso de una desmitis del cuerpo de dicho ligamento (Peters, D. 2015; Ritcher, R-A 2015).

Otros autores afirman que la aplicación de herraduras de huevo (superficies blandas), con el objetivo de reducir la extensión del menudillo al dar mayor apoyo al casco, repartiendo las fuerzas por la superficie de esta herradura (Ross, M. 2006; Kold, S. 2011).

Hay discrepancias en la bibliografía en el tipo de herradura a aplicar en esta patología: mientras unos apuestan por herradura de pinza ancha y ramas estrechas con el fin de que los talones se hundan en superficies blandas para evitar la extensión del menudillo con el fin de que el LSM sufra la mínima tensión durante la locomoción, (Peters, D. 2015; Schramme, M. 2016) otros prefieren una herradura de huevo con el objetivo de proporcionar más superficie de apoyo.

Denoix y sus colaboradores se oponen al uso de la herradura de huevo ya que afirman que lo que se consigue con ella es aumentar la tensión en la estructura afectada al no permitir el hundimiento de los talones en el terreno. La elevación de talones también está contraindicada

por la misma razón. Lo que proponen es un programa de herraje durante toda la rehabilitación (Denoix, J. 2005):

1. En los primeros 3 meses de la lesión: la aplicación de una herradura de pinza ancha-rama estrecha.
2. Entre los 3 y 6 meses desde que se inició la lesión: la misma herradura pero con elevación de talones con el fin de evitar la retracción del tejido de la cicatriz presente

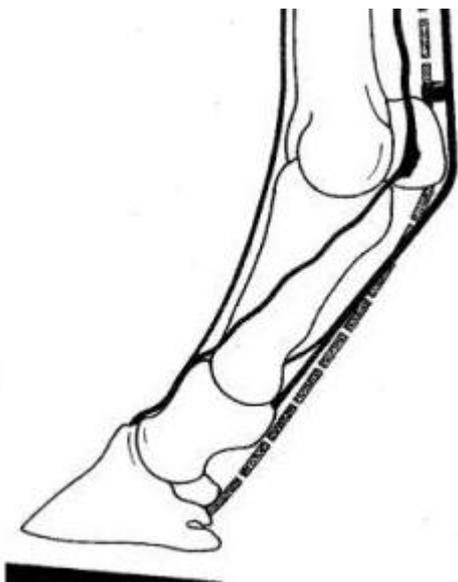


Figura 16: mediante la elevación de la pinza y el descenso (o hundimiento en el terreno) de los talones el LSM se relaja. Tomado de Denoix (1994).

en el ligamento. Los fines de esta actuación ortopédica son dos: inducir la elongación del ligamento cuando el caballo se encuentra en estación o camina por una superficie firme (elevación de talones); y prevenir altas tensiones en el ligamento lesionado cuando el animal comienza con la rehabilitación al trote en terrenos blandos. Este herraje puede mantenerse hasta que el caballo comience a trabajar a nivel deportivo. Cuando esto suceda, habrá que corregir la elevación de talones realizada, además de colocar una herradura normal, con lumbres y pinzas del mismo grosor, y fabricada en materiales ligeros, como el aluminio.

6.5.2. DESMITIS DE UNA DE LAS RAMAS EXTENSORAS DEL LSM.

Aquí la herradura a usar va a ser la misma que para la desmitis unilateral de uno de los ligamentos colaterales de la AID. Esta herradura es asimétrica, con una rama ancha y otra estrecha. La rama ancha se debe colocar en la parte afectada mientras que la rama opuesta estará biselada para facilitar su hundimiento en el terreno. El objetivo de este procedimiento es limitar el estiramiento de la rama extensora afectada, de modo que al cargar peso sobre la articulación la rama ancha de la herradura evitará el hundimiento de la mitad del casco en el cual está colocado (Denoix, J. 2005; Ritcher, R-A 2015).

7. CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos y en las condiciones en las que hemos realizado este estudio, podemos concluir que:

Las patologías tendino-ligamentarias son muy frecuentes en el caballo de deporte, suponiendo alrededor del 50% del total de lesiones del aparato locomotor y la principal causa de pérdida de rendimiento deportivo del caballo.

Los tendones y ligamentos son estructuras pobremente vascularizadas, con procesos de cicatrización muy lentos. Además el tejido reparado posee propiedades mecanobiológicas de inferior calidad al tejido original, por lo que es de vital importancia un tratamiento y rehabilitación adecuados para evitar recidivas.

El herraje terapéutico aplicado a las diferentes afecciones tendoligamentarias juega un papel fundamental en el largo proceso de rehabilitación de estas patologías.

El herraje ortopédico aplicado a las tendinitis agudas del TFDS está siempre encaminado a prevenir la extensión del menudillo. Aunque no existe consenso científico en dicho herraje, se suelen aplicar herraduras con lumbres anchas y ramas estrechas biseladas o herraduras planas.

El herraje ortopédico aplicado a desmitis agudas del LSM en cualquiera de sus partes anatómicas (inserción, cuerpo o ramas), tiene como objetivo disminuir la tensión de esta estructura y disminuir la extensión del menudillo por lo que se colocaría una herradura con lumbres ancha y ramas estrechas biseladas, similar a la aplicada en las tendinitis del TFDS.

En las tendinitis del TFDP, la aplicación del herraje ortopédico está enfocado a disminuir la tensión de estas estructuras favoreciendo la extensión del menudillo, para ello se deben aplicar en la fase aguda herraduras cerradas (como la herradura de huevo) y en fases de consolidación cicatricial herraduras planas con "rolling", todas ellas construidas con materiales ligeros.

En las desmitis de ligamentos colaterales de las articulaciones interfalangianas, el herraje terapéutico tiene como misión relajar la estructura afectada por lo que se debe aplicar una herradura asimétrica con una rama ancha y otra estrecha, colocando la rama más ancha en el lado donde se encuentre la lesión.

8. CONCLUSIONS.

Attending to the obtained results in this academic work, we are able to conclude that:

Tendon/ligament pathologies have a high frequency on the sport horses, assuming approximately the 50 % of locomotive-system injuries. This kind of lesion is the mainly reason of losing sport performance in the horse.

Tendons and ligaments are poor-vascularized structures, with very slow cicatrization processes. Furthermore, the repaired tissue has less quality of mechanobiological characteristics than the original one, consequently an appropriate treatment and rehabilitation are very important.

Orthopedic shoeing applied to the different tendon/ligament injuries has a key role in the lengthy process of rehabilitation in that kind of pathologies.

Orthopedic shoeing applied to acute tendinitis of SDFT is directed to the prevention of the fetlock extension. Although a general agreement does not exist, a wide toe-narrow beveled branches shoe or a flat shoe are the typical treatment.

Orthopedic shoeing applied to acute desmitis of any part of the suspensory ligament (insertion, body or branches), aims to reduce the tension in these structure and decreases fetlock extension, thus a wide toe-narrow beveled branches shoe is the recommended shoeing, similar to the orthopedic treatment applied in the SDFT tendinitis.

In the tendinitis of the DDFT, orthopedic shoeing is directed to reduce the tension suffered from these structures promoting fetlock extension. For that purpose, in the acute phase it is necessary to apply bar shoes or elevated-heel shoe. In scar consolidation phases, flat shoes with rolled toe built in lightweight materials are recommended.

In the collateral ligament desmitis of interphalangeal joints, the objective of the therapeutic shoeing is to ease the affected structure. For this reason, an asymmetric shoe with a narrow branch and a wide branch must be applied, placing the wide branch in the side of the hoof corresponding to the injured ligament.

9. VALORACIÓN PERSONAL.

Este trabajo ha supuesto la ampliación de mis conocimientos en el campo del herraje, el cual es fundamental para el rendimiento deportivo y bienestar del caballo, y que además considero indispensable. El reto ha sido la gran búsqueda de información que suponía esta revisión y la adecuación al formato requerido.

Agradecer la ayuda y el tiempo que mis directores, Dra. Arantza Vitoria y Dr. Antonio Romero, me han dedicado para la realización de este trabajo.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- Alexander, R. (2002). Tendon elasticity and muscle function. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133(4), 1001-1011.
- Avella, C., Ely, E., Verheyen, K., Price, J., Wood, J., & Smith, R. (2009). Ultrasonographic assessment of the superficial digital flexor tendons of national hunt racehorses in training over two racing seasons. *Equine Veterinary Journal*, 41(5), 449-454.
- Batson, E., Paramour, R., Smith, T., Birch, H., Patterson-Kane, J., & Goodship, A. (2003). Are the material properties and matrix composition of equine flexor and extensor tendons determined by their functions? *Equine Veterinary Journal*, 35(3), 314-318.
- Biewener, A. (1998). Muscle-tendon stresses and elastic energy storage during locomotion in the horse. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 120(1), 73-87.
- Birch, H., Sinclair, C., Goodship, A., & Smith, R. (2013). Tendon and ligament physiology. In K. Hinchcliff, A. Kaneps & R. Geor (Eds.), *Equine sports medicine and surgery*. (2^a ed., pp. 167) Elsevier Health Sciences. United Kingdom.
- Buchner, H. (Diciembre 2005). Distal limb internal dynamics: Joint moments, tendon forces, and lessons for orthopedic shoeing. *Proceedings of the 51st Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*. Seattle, Washington, USA. pp. 134-140.
- Caldwell, F., Mueller, P., Lynn, R., & Budsberg, S. (2004). Effect of topical application of diclofenac liposomal suspension on experimentally induced subcutaneous inflammation in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 65(3), 271-276.
- Carmona, J., & López, C. (2011). Tendinopatía del tendón flexor digital superficial y desmopatía del ligamento suspensorio en caballos: Fisiopatología y terapias regenerativas. *Archivos De Medicina Veterinaria*, 43(3), 203-214.
- Castelijns, H. (1999). Orthopedic shoeing techniques in the prevention and treatment of tendon and articular pathologies. 6th Congress on Equine Medicine and Surgery. Genova. 12-14 Decembre.

- Castelijns, H. (2012). The basics of farriery as a prelude to therapeutic farriery. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 28(2), 313-331.
- Craychee, T. (1995). Ultrasonographic evaluation of equine musculoskeletal injury. *Veterinary Diagnostic Ultrasound*, , 265-304.
- Dahlgren, L. (2009). Management of tendon injuries. *Current Therapy in Equine Medicine*, 6, 518-523. Estados Unidos. Elsevier.
- Dahlgren, L., Brower-Toland, B., & Nixon, A. (2005). Cloning and expression of type III collagen in normal and injured tendons of horses. *American Journal of Veterinary Research*, 66(2), 266-270.
- Dakin, S., Dudhia, J., & Smith, R. (2014). Resolving an inflammatory concept: The importance of inflammation and resolution in tendinopathy. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 158(3), 121-127.
- Davis, C., & Smith, R. (2005). Diagnosis and management of tendon and ligament disorders. (3rd ed.,). Saint Louis, Missouri. Saunders-Elsevier.
- Denoix, J.M. (1994). Functional anatomy of tendons and ligaments in the distal limb. *Veterinary Clinics of the North America: Equine Practice.*, (10), 273-322.
- Denoix, J.M. (1999). Functional anatomy of the equine interphalangeal joints. *Proceedings of the American Association of Equine Practitioners*. Albuquerque, New Mexico. , 45. pp. 174-177.
- Denoix, J.M., Crevier-Denoix, N., & Chateau, H. (2005). Corrective shoeing of equine distal limb injuries. *Proceedings of the 9th Geneva Congress of Equine Medicine and Surgery*. Geneva, Suisse. pp. 79-82.
- Dowling, B., Dart, A., Hodgson, D., & Smith, R. (2000). Superficial digital flexor tendonitis in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 32(5), 369-378.
- Eliashar, E. (2012). The biomechanics of the equine foot as it pertains to farriery. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 28(2), 283-291.

- Estrada, R., Van Weeren, R., Van de Lest, C., Boere, J., Reyes, M., Ionita, J., et al. (2014). Comparison of healing in forelimb and hindlimb surgically induced core lesions of the equine superficial digital flexor tendon. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 27(5), 358-365.
- Ferrie, J. & Clements, A. (2002). Shoeing for tendon lesions. In S. Curtis (Ed.), *Corrective farriery*(2^o Ed., pp. 146-154). Reino Unido. R & W Publications.
- Frisbie, D., & Smith, R. (2010). Clinical update on the use of mesenchymal stem cells in equine orthopaedics. *Equine Veterinary Journal*, 42(1), 86-89.
- Fukuta, S., Oyama, M., Kavalkovich, K., Fu, F., & Niyibizi, C. (1998). Identification of types II, IX and X collagens at the insertion site of the bovine achilles tendon. *Matrix Biology*, 17(1), 65-73.
- Godwin, E., Young, N., Dudhia, J., Beamish, I., & Smith, R. (2012). Implantation of bone marrow-derived mesenchymal stem cells demonstrates improved outcome in horses with overstrain injury of the superficial digital flexor tendon. *Equine Veterinary Journal*, 44(1), 25-32.
- Halper, J., Kim, B., Khan, A., Yoon, J., & Mueller, P. (2006). Degenerative suspensory ligament desmitis as a systemic disorder characterized by proteoglycan accumulation. *BMC Veterinary Research*, 2(1), 12.
- Jones, A. (1993). Normal and diseased equine digital flexor tendon: Blood flow, biochemical and serological studies. Royal Veterinary College thesis (University of London).
- Kainer, R. (2002). Anatomía funcional de los órganos locomotores del caballo. In T. Stashak (Ed.), *Adams: Claudicación en el caballo*. (J. Mangieri Trans.). (5^a ed., pp. 1-26). Buenos Aires. Inter-médica.
- Kold, S., & Dyson, S. (2011). Lameness in the dressage horse. *Diagnosis and management of lameness in the horse* (2^a ed., pp. 1112-1123). Estados Unidos. Elsevier.
- Moller, H., Evans, C., & Maffulli, N. (2000). Current aspects of tendon healing. *Der Orthopade*, 29(3), 182-187.

- Murray, R., Dyson, S., Tranquille, C., & Adams, V. (2006). Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 411-416.
- O'Sullivan, C. (2007). Injuries of the flexor tendons: Focus on the superficial digital flexor tendon. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 6(3), 189-197.
- O'Grady, S., & Poupard, D. (2011). Physiologic horseshoeing: An overview. *Equine Veterinary Education*, 330-334.
- Parks, A. (2012). Aspects of functional anatomy of the distal limb. *Proceedings of the 58th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*, pp. 132-137.
- Peters, D. (2015). Diagnosis and management of suspensory ligament injuries. *Robinson's current therapy in equine medicine*. (7ª ed., pp. 838-841). Estados Unidos. Elsevier.
- Rantanen, N., Jorgensen, J., & Genovese, R. (2003). Ultrasonographic evaluation of the equine limb: Technique. *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse.*, 1, 166-188. Philadelphia. WB Saunders.
- Rees, S., Waggett, A., Kerr, B., Probert, J., Gealy, E., Dent, C., et al. (2009). Immunolocalisation and expression of keratocan in tendon. *Osteoarthritis and Cartilage*, 17(2), 276-279.
- Ritcher, R. (2015). Therapeutic shoeing for tendon and ligament injury. *Robinson's current therapy in equine medicine*. (7ª ed., pp. 809-812). Estados Unidos. Elsevier.
- Romero, A. (2016). Tratamiento de las tendinitis inducidas en caballos: Estudio comparativo entre plasma rico en plaquetas (PRP) y células madre mesenquimales (MSCS).
- Ross, M. (2006). Suspensory Desmitis—Management options. *Proceedings the North American Veterinary Conference*. Orlando, Florida. , 20. pp. 198-200.
- Rumian, A., Wallace, A., & Birch, H. (2007). Tendons and ligaments are anatomically distinct but overlap in molecular and morphological features - a comparative study in an ovine model. *Journal of Orthopaedic Research.*, 25(4), 458-464.

- Schramme, M. (2016). Diagnosis and treatment of lameness of the distal hock and proximal metatarsus - an update. *Proceedings of the European Veterinary Conference, Voorjaarsdagen*, Países Bajos.
- Smith, R. (2008). Tendon and ligament injury. *Proceedings of the 54th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*. San Diego, California. pp. 475-501.
- Smith, R. (2011). Pathophysiology of tendon injury. *Diagnosis and management of lameness in the horse*. (2ª ed., pp. 694-706). Estados Unidos. Saunders-Elsevier.
- Smith, R., Birch, H., Goodman, S., Heinegård, D., & Goodship, A. (2002a). The influence of ageing and exercise on tendon growth and degeneration—hypotheses for the initiation and prevention of strain-induced tendinopathies. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133(4), 1039-1050.
- Smith, R., Gerard, M., Dowling, B., Dart, A., Birch, H., & Goodship, A. (2002b). Correlation of cartilage oligomeric matrix protein (COMP) levels in equine tendon with mechanical properties: A proposed role for COMP in determining function-specific mechanical characteristics of locomotor tendons. *Equine Veterinary Journal*, 34(S34), 241-244.
- Thomopoulos, S., Parks, W., Rifkin, D., & Derwin, K. (2015). Mechanisms of tendon injury and repair. *Journal of Orthopaedic Research*, 33(6), 832-839.
- Waggett, A., Ralphs, J., Kwan, A., Woodnutt, D., & Benjamin, M. (1998). Characterization of collagens and proteoglycans at the insertion of the human achilles tendon. *Matrix Biology*, 16(8), 457-470.
- Williams, R., Harkins, L., Hammond, C., & Wood, J. (2001). Racehorse injuries, clinical problems and fatalities recorded on british racecourses from flat racing and national hunt racing during 1996, 1997 and 1998. *Equine Veterinary Journal*, 33(5), 47.