Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Determinación de las principales lesiones del tendón flexor digital profundo (TFDP), tendón flexor digital superficial (TFDS) y tendón extensor digital común (TEDC) de caballos de carrera detectadas mediante ultrasonografía en el Hipódromo de Arequipa, Perú, 2026

Tesis presentada por:

Dueñas Condori, Fernando Eduardo

ORCID: 0009-0003-1306-4396

para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

Mg. Delgado Fernández, Ronnie Christian

ORCID: 0000-0003-2422-4837

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 26 de Agosto del 2026

Dictamen: 018474-C-EPMVZ-2026

Visto el borrador del expediente 018474, presentado por:

2020242681 - DUEÑAS CONDORI FERNANDO EDUARDO

Titulado:

DETERMINACIÓN DE LAS PRINCIPALES LESIONES DEL TENDÓN FLEXOR DIGITAL PROFUNDO (TFDP), TENDÓN FLEXOR DIGITAL SUPERFICIAL (TFDS) Y TENDÓN EXTENSOR DIGITAL COMÚN (TEDC) DE CABALLOS DE CARRERA DETECTADAS MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA EN EL HIPÓDROMO DE AREQUIPA, PERÚ, 2026

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

29614489 - SANZ LUDEÑA CARLO EDISON
DICTAMINADOR

30427921 - MOGROVEJO LOPEZ CECILIA LAURA
DICTAMINADOR

42960827 - MEDINA ESCALANTE CYNTIA KARIN
DICTAMINADOR

DETERMINACIÓN DE LAS PRINCIPALES LESIONES DEL TENDÓN FLEXOR DIGITAL PROFUNDO (TFDP), TENDÓN FLEXOR DIGITAL SUPERFICIAL (TFDS) Y TENDÓN EXTENSOR DIGITAL COMÚN (TEDC) DE CABALLOS DE CARRERA DETECTADAS M

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	16%	7%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	2%
3	idoc.pub Fuente de Internet	1%
4	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	1%
6	avmajournals.avma.org Fuente de Internet	<1%
7	ru.dgb.unam.mx Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
9	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad de Murcia Trabajo del estudiante	<1%
11	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
12	www.frontiersin.org Fuente de Internet	<1%
13	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1%
14	www.revistas.una.ac.cr Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi padre Jhon y a mi madre Brenda, por su amor, dedicación y apoyo incondicional, quienes constituyen pilares esenciales en mi desarrollo personal y profesional durante toda mi carrera y aun siguen en el trayecto de mi vida.

A mi tía abuela Gregoria y a mis hermanas Nayeli y Camila por su constante ánimo, afecto y confianza a lo largo de esta etapa de mi vida.

De manera especial, a mi enamorada Jasmin por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional durante los últimos años de mi formación profesional, siendo una fuente constante de motivación para alcanzar esta meta.

A todos ellos, expreso mi más sincera gratitud y aprecio

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento a Dios por darme la fuerza necesaria y por introducir en mi vida a individuos que han sido clave para mi desarrollo tanto personal como profesional.

A mi asesor, Dr. Christian por su dirección, respaldo y enseñanzas que resultaron ser muy significativas a lo largo de esta investigación.

A mi coasesor Dr. Víctor por sus comentarios, ajustes y cooperación, los cuales fueron esenciales para llevar a cabo este proyecto.

RESUMEN

Las lesiones tendinosas constituyen una de las principales causas de disminución del rendimiento deportivo y retiro prematuro en caballos de carrera. La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía en los tendones flexor digital profundo, flexor digital superficial y extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carrera del Hipódromo de Arequipa, Perú, durante el año 2026. El estudio fue de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-correlacional, diseño no experimental y de corte transversal. La población estuvo conformada por aproximadamente 60 caballos de carrera registrados en el Hipódromo de Arequipa, evaluándose una muestra de 30 animales seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. La información fue obtenida mediante evaluación ultrasonográfica de ambos miembros anteriores utilizando un ecógrafo portátil con transductor lineal, registrándose el tendón evaluado, el tipo de lesión, la severidad de la lesión y los años en competencia. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y correlación de Spearman. Los resultados evidenciaron que el 100,0% de los caballos presentó al menos una lesión tendinosa. Se identificaron 67 lesiones en un total de 180 evaluaciones ultrasonográficas, correspondiendo la mayor frecuencia al tendón extensor digital común (38,3%), seguido del tendón flexor digital profundo (36,7%) y del tendón flexor digital superficial (36,7%). La tendinitis fue el tipo de lesión más frecuente (37,3%), seguida de la ruptura parcial (29,9%), el desgarro (25,4%) y la ruptura completa (7,5%). Asimismo, predominó la severidad Grado II, seguida de la Grado III, mientras que las lesiones Grado IV fueron las menos frecuentes. Finalmente, se encontró una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa entre los años en competencia y la severidad de las lesiones tendinosas ($\rho = 0,507$; $p = 0,001$). Se concluyó que las lesiones tendinosas estuvieron presentes en la totalidad de los caballos evaluados, predominando la tendinitis y las lesiones de severidad moderada, además de evidenciarse que un mayor tiempo de permanencia en la actividad competitiva se asoció con un mayor grado de compromiso estructural de los tendones.

Palabras clave: caballos de carrera; lesiones tendinosas; ultrasonografía.

ABSTRACT

Tendon injuries are among the leading causes of reduced athletic performance and premature retirement in racehorses. The objective of this study was to characterize tendon injuries detected by ultrasonography in the deep digital flexor tendon (DDFT), superficial digital flexor tendon (SDFT), and common digital extensor tendon (CDET) of the forelimbs of racehorses at the Arequipa Racetrack, Peru, during 2026. The study followed a quantitative approach with a descriptive-correlational level, a non-experimental design, and a cross-sectional methodology. The study population consisted of approximately 60 racehorses registered at the Arequipa Racetrack, from which a sample of 30 animals was selected through non-probability convenience sampling. Data were obtained through ultrasonographic examination of both forelimbs using a portable ultrasound scanner equipped with a linear transducer. The evaluated tendon, type of lesion, lesion severity, and years of competition were recorded. Data were analyzed using descriptive statistics and Spearman's rank correlation. The results showed that 100.0% of the horses presented at least one tendon injury. A total of 67 lesions were identified in 180 ultrasonographic evaluations, with the highest frequency observed in the common digital extensor tendon (38.3%), followed by the deep digital flexor tendon (36.7%) and the superficial digital flexor tendon (36.7%). Tendinitis was the most frequent lesion (37.3%), followed by partial rupture (29.9%), tendon tear (25.4%), and complete rupture (7.5%). Grade II lesions predominated, followed by Grade III lesions, whereas Grade IV lesions were the least frequent. Finally, a moderate and statistically significant positive correlation was found between years of competition and the severity of tendon injuries ($\rho = 0.507$; $p = 0.001$). It was concluded that tendon injuries were present in all evaluated racehorses, with tendinitis and moderate-severity lesions being the predominant findings. Furthermore, a longer competitive career was associated with a greater degree of structural tendon damage.

Keywords: racehorses; tendon injuries; ultrasonography.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 2

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO 3

1.1. Enunciado del Problema 3

1.2. Descripción del problema 3

1.3. Justificación del trabajo 3

1.4. Objetivos 4

1.5. Hipótesis 5

CAPÍTULO II 6

2. MARCO TEORICO 7

2.1. Análisis bibliográfico 7

2.2. Antecedentes de investigación 26

CAPÍTULO III 31

3. MATERIALES Y METODOS 32

3.1. Materiales 32

3.2. Métodos 33

3.3. Variables de respuesta 36

3.4. Evaluación estadística 38

CAPÍTULO IV 39

4. RESULTADOS Y DISCUSION 40

4.1. Frecuencia general de las lesiones tendinosas y su distribución según el tendón evaluado 40

4.2. Determinación la frecuencia de los tipos de lesiones detectadas mediante ultrasonografía en el tendón flexor digital profundo, tendón flexor digital superficial y tendón extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carreras..... 43

4.3. Clasificación de la severidad de las lesiones detectadas mediante ultrasonografía en el TFDP, TFDS y TEDC de los miembros anteriores de caballos de carreras. 46

4.4. Distribución de la severidad de las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía según los años en competencia de los caballos de carrera 50

CONCLUSIONES..... 54

RECOMENDACIONES 55

REFERENCIAS 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista lateral de la anatomía del miembro anterior (distal) del caballo 10

Figura 2. Estructura del tendón 13

Figura 3. Ecografía transversal normal del tendón palmar equino..... 22

Figura 4. Frecuencia relativa de la presencia de lesiones según el tendón evaluado 41

Figura 5. Frecuencia relativa de las lesiones identificadas mediante ultrasonografía en los equinos evaluados 44

Figura 6. Frecuencia relativa del grado de severidad de las lesiones identificadas en los tendones evaluados..... 46

Figura 7. Frecuencia relativa del grado de severidad de las lesiones según los años en competencia de los equinos evaluados..... 51

Figura 8. Preparación de la zona a evaluar..... 62

Figura 9. Acompañamiento de especialista para la evaluación..... 62

Figura 10. Ecografía del miembro anterior derecho..... 62

Figura 11. Ecografía del miembro anterior izquierdo 62

Figura 12. Ecografía de equino con tendinitis..... 63

Figura 13. Ecografía de equino con presencia de desgarro en tendón 63

Figura 14. Ecografía de equino con ruptura parcial de tendón 64

Figura 15. Ecografía de equino con ruptura completa del tendón..... 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables..... 37

Tabla 2. Frecuencia general de caballos con lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía..... 40

Tabla 3. Distribución de las lesiones según el tendón evaluado 40

Tabla 4. Frecuencia de los tipos de lesiones detectadas mediante ultrasonografía según el tendón evaluado 43

Tabla 5. Clasificación de la severidad de las lesiones tendinosas según el tendón evaluado .. 46

Tabla 6. Distribución de la severidad de las lesiones tendinosas según los años en competencia de los caballos de carrera 50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencia fotográfica 62

Anexo 2. Lesiones ecográficas encontradas 63

Anexo 3. Constancia de universo de estudio 65

Anexo 4. Registro de campo 66

Anexo 5. Matriz de datos 67

Anexo 6. Borrador de artículo científico 72

Anexo 7. Resultado estadístico 79

INTRODUCCIÓN

Los caballos de carrera son sometidos a elevadas exigencias biomecánicas durante el entrenamiento y la competencia, lo que incrementa el riesgo de desarrollar lesiones del aparato locomotor. Entre estas, las lesiones tendinosas constituyen una de las principales causas de disminución del rendimiento deportivo y retiro prematuro de los animales, generando importantes repercusiones clínicas y económicas (1,12). Debido a que los tendones participan en la absorción, almacenamiento y liberación de energía durante la locomoción, cualquier alteración de su estructura compromete la función del miembro y favorece la aparición de nuevas lesiones (8,13).

Las lesiones tendinosas se producen principalmente por la sobrecarga mecánica repetitiva, que ocasiona microlesiones en las fibras de colágeno y desencadena procesos inflamatorios y degenerativos capaces de evolucionar hacia desgarros o rupturas cuando no son diagnosticados oportunamente (16,18,23). Factores como la intensidad del entrenamiento, la superficie de competencia y el tiempo de permanencia del caballo en la actividad deportiva incrementan la susceptibilidad a este tipo de lesiones (19,31).

La ultrasonografía musculoesquelética constituye actualmente el método de elección para la evaluación de los tendones en medicina deportiva equina, ya que permite valorar de forma no invasiva la ecogenicidad, el patrón fibrilar, el área transversal y la extensión de las lesiones, proporcionando información esencial para el diagnóstico, la clasificación de la severidad, el pronóstico y el seguimiento de la rehabilitación (25,27,30,32).

En el Perú existe escasa información científica sobre las lesiones tendinosas diagnosticadas mediante ultrasonografía en caballos de carrera, particularmente en el ámbito regional. En el Hipódromo de Arequipa no se dispone de estudios que describan la frecuencia, el tipo y la severidad de las lesiones en los principales tendones de los miembros anteriores, ni su relación con los años de competencia, limitando la generación de estrategias orientadas a la prevención y al diagnóstico temprano.

Es por ello que la presente investigación tuvo como propósito caracterizar las lesiones detectadas mediante ultrasonografía en el tendón flexor digital profundo, el tendón flexor digital superficial y el tendón extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carrera del Hipódromo de Arequipa.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Enunciado del Problema

¿Cuáles son las principales lesiones detectadas mediante ultrasonografía en el tendón flexor digital profundo (TFDP), tendón flexor digital superficial (TFDS) y tendón extensor digital común (TEDC) de los miembros anteriores de caballos de carrera del Hipódromo de Arequipa, Perú, durante el año 2026?

1.2. Descripción del problema

La ultrasonografía es esencial para identificar rápidamente lesiones en caballos de carreras, aunque estas pueden generar cambios estructurales que impactan de manera considerable la integridad de los tejidos y el desempeño del animal. En los caballos de competición en (TFDP), (TFDS) y (TEDC) este procedimiento de evaluación es básico debido a factores que lo complican, como el grado de actividad física, el entrenamiento exigente y las competencias, lo que incrementa la probabilidad de sufrir lesiones en los músculos, tendones o articulaciones.

En la actualidad, la ausencia de investigaciones validadas en Arequipa sobre estos aspectos provoca confusión técnica, lo que hace necesario analizar las lesiones más importantes identificadas mediante ultrasonido para garantizar la salud, el bienestar y la sostenibilidad de estos recursos genéticos animales.

1.3. Justificación del trabajo

1.3.1. Aspecto general

La justificación de esta investigación se basa en la limitada cantidad de información científica confirmada acerca de las lesiones más comunes en caballos de carreras en (TFDP), (TFDS) y (TEDC), las cuales han sido identificadas mediante ultrasonido en el hipódromo de Arequipa. La creación de una base de datos que contenga información sobre el tipo, la frecuencia, la severidad y la ubicación de estas lesiones facilitará la estandarización de los criterios de diagnóstico. Esto convertirá una práctica empírica tradicional en un proceso técnico fundamentado en evidencia veterinaria.

1.3.2. Aspecto tecnológico

Desde el enfoque tecnológico, la investigación comprobará la efectividad de los protocolos de ultrasonido utilizados en estos biotipos particulares. Al examinar la identificación temprana de lesiones en músculos, tendones y articulaciones, se ofrecerán recursos técnicos que mejoren el seguimiento y el cuidado de caballos en entrenamiento y competición, garantizando que las intervenciones veterinarias sean correctas y adecuadas para preservar el rendimiento en competiciones.

1.3.3. Aspecto socioeconómico

En los caballos de carrera las lesiones en (TFDP), (TFDS) y (TEDC) son principales para la identidad cultural y deportiva de la Región Arequipa. La mejora de su evaluación mediante ultrasonido ayuda a mantener esta tradición, reforzando la comunidad de criadores, entrenadores y seguidores. Al asegurar la salud y el bienestar de los animales, se protege la continuidad de las líneas genéticas que son parte del patrimonio cultural y deportivo de la región.

1.3.4. Importancia

La relevancia de la investigación se encuentra en la protección de un recurso genético y en la mitigación de lesiones en caballos que participan en competencias. Por lo tanto, la identificación de estas lesiones a través de ultrasonografía constituye el primer paso para implementar programas de prevención, salvaguardando la biodiversidad equina ante riesgos como el sobreentrenamiento o lesiones en competiciones, y previniendo la erosión genética de las razas de caballos de carreras en (TFDP), (TFDS) y (TEDC).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar las principales lesiones del tendón flexor digital profundo (TFDP), tendón flexor digital superficial (TFDS) y tendón extensor digital común (TEDC) de caballos de carrera detectadas mediante ultrasonografía en el Hipódromo de Arequipa, Perú, 2026

1.4.2. Objetivos específicos

1) Determinar la frecuencia general de las lesiones tendinosas y su distribución según el tendón evaluado (TFDP, TFDS y TEDC) de los miembros anteriores de caballos de carrera detectadas mediante ultrasonografía.
2) Determinar la frecuencia de los tipos de lesiones detectadas mediante ultrasonografía en el tendón flexor digital profundo, tendón flexor digital superficial y tendón extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carreras.
3) Clasificar la severidad de las lesiones detectadas mediante ultrasonografía en el tendón flexor digital profundo, tendón flexor digital superficial y tendón extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carreras.
4) Describir la distribución de la severidad de las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía según los años en competencia de los caballos de carrera.

1.5. Hipótesis

Dado que los caballos de carrera están expuestos de manera continua a cargas biomecánicas durante el entrenamiento y la competencia, es probable que mediante ultrasonografía se detecten lesiones de diferente tipo y severidad en el tendón flexor digital profundo (TFDP), tendón flexor digital superficial (TFDS) y tendón extensor digital común (TEDC) de los miembros anteriores, con diferente frecuencia según los años en competencia.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Análisis bibliográfico

2.1.1. Caballo de carrera

El caballo de carrera es un equino seleccionado genéticamente y entrenado específicamente para participar en competencias hípicas de velocidad o resistencia, caracterizándose por poseer una elevada capacidad atlética, eficiencia locomotora y adaptación fisiológica al ejercicio intenso. A lo largo de los años, la selección genética orientada al rendimiento deportivo ha permitido obtener animales con una notable capacidad para desarrollar altas velocidades y soportar exigentes programas de entrenamiento y competencia. Estas características han convertido al caballo de carrera en uno de los principales modelos de estudio dentro de la medicina deportiva equina y la biomecánica locomotora (1,2). Los caballos destinados a competencias hípicas presentan adaptaciones anatómicas y funcionales que favorecen el desplazamiento eficiente a altas velocidades. Entre ellas destacan la presencia de extremidades distales largas y ligeras, una musculatura proximal desarrollada y tendones con elevada capacidad de almacenamiento y liberación de energía elástica, lo que contribuye significativamente a la economía locomotora durante el galope (3).

Características del caballo destinado a competencias hípicas

Los caballos de carrera se distinguen por poseer una conformación anatómica orientada a maximizar el rendimiento deportivo. Su sistema musculoesquelético está diseñado para generar potencia, velocidad y resistencia, permitiendo soportar las elevadas exigencias mecánicas producidas durante el entrenamiento y la competición. La masa muscular se concentra principalmente en las regiones proximales de las extremidades, mientras que las porciones distales presentan una estructura relativamente ligera, reduciendo el gasto energético asociado al movimiento de los miembros durante la locomoción (3).

Asimismo, los tendones y ligamentos desempeñan un papel primordial en el rendimiento atlético del caballo. Estas estructuras permiten almacenar energía elástica durante la fase de apoyo y liberarla durante la fase de impulsión, disminuyendo el costo metabólico del desplazamiento. Sin embargo, esta misma especialización biomecánica expone a los tendones a cargas extremadamente elevadas, especialmente durante el galope, incrementando el riesgo de lesiones por sobrecarga y fatiga acumulativa (4,5).

Desde el punto de vista funcional, los caballos de carrera son sometidos de manera continua a programas de entrenamiento que buscan optimizar su capacidad cardiovascular, muscular y locomotora. No obstante, las exigencias propias de la actividad deportiva también favorecen la aparición de lesiones musculoesqueléticas, especialmente en las estructuras tendinosas de los miembros anteriores, las cuales soportan gran parte de las fuerzas generadas durante la carrera (1,6).

Importancia deportiva y económica

La industria de las carreras de caballos constituye una actividad deportiva y económica de gran relevancia en numerosos países. Además del valor recreativo y competitivo, genera ingresos asociados a la crianza, entrenamiento, servicios veterinarios, apuestas y actividades relacionadas con el mantenimiento de los hipódromos (1).

El valor económico de un caballo depende en gran medida de la integridad de su sistema musculoesquelético. Las lesiones tendinosas representan una de las principales causas de disminución del rendimiento, interrupción de la actividad deportiva y retiro prematuro de los animales de competición. Por esta razón, el diagnóstico temprano y la evaluación precisa de estas lesiones constituyen aspectos fundamentales para preservar la salud y prolongar la vida deportiva de los caballos de carrera (2).

2.1.2. Biomecánica de la locomoción

La locomoción equina se caracteriza por la sucesión coordinada de movimientos que permiten el desplazamiento del animal mediante diferentes aires o patrones de marcha. Entre ellos, el galope constituye el aire de mayor velocidad y el más relevante en los caballos de carrera. Durante el galope, los miembros se mueven siguiendo una secuencia asimétrica que combina fases de apoyo y suspensión, permitiendo alcanzar velocidades elevadas con un gasto energético relativamente eficiente (7).

El ciclo locomotor comprende una fase de apoyo, durante la cual el miembro contacta con el suelo y soporta las cargas corporales, y una fase de oscilación, en la que el miembro se desplaza hacia adelante preparándose para el siguiente contacto. Durante el galope, estas fases se suceden rápidamente y generan importantes fuerzas de reacción contra el suelo que deben ser absorbidas y redistribuidas por las estructuras musculoesqueléticas de las extremidades (7,8).

La coordinación entre articulaciones, músculos, tendones y ligamentos permite mantener la estabilidad y eficiencia del movimiento. Estudios biomecánicos han demostrado que durante el galope existe una elevada sincronización de los movimientos articulares del miembro anterior, favoreciendo la economía energética y la transmisión eficiente de las fuerzas generadas durante la locomoción de alta velocidad (7).

En posición estática, aproximadamente el 55-60 % del peso corporal del caballo es soportado por los miembros anteriores (9). Durante el galope, las fuerzas verticales de reacción del suelo pueden superar varias veces el peso corporal, incrementando considerablemente el estrés mecánico sobre las estructuras tendinosas (9).

Los tendones flexores, en particular el tendón flexor digital superficial (TFDS) y el tendón flexor digital profundo (TFDP), actúan como estructuras elásticas que almacenan y liberan energía durante cada ciclo de apoyo. Sin embargo, la repetición continua de cargas elevadas puede producir microdaños en las fibras de colágeno, favoreciendo el desarrollo de tendinitis, desgarros y rupturas parciales o completas (9,10).

La magnitud de las fuerzas ejercidas sobre estos tendones aumenta conforme se incrementa la velocidad de carrera. Estudios biomecánicos han demostrado que el TFDS puede experimentar deformaciones cercanas al límite fisiológico durante el galope de alta velocidad, lo que explica su elevada susceptibilidad a lesiones en caballos de carrera (11).

2.1.3. Anatomía funcional de los tendones

Los tendones son estructuras de tejido conectivo denso especializado que unen el músculo con el hueso y permiten la transmisión de las fuerzas generadas durante la contracción muscular. En el caballo atleta, los tendones de los miembros anteriores presentan adaptaciones anatómicas y biomecánicas que les permiten soportar elevadas cargas tensiles durante la locomoción, especialmente durante el galope. Sin embargo, esta especialización funcional también los hace susceptibles a lesiones cuando las fuerzas aplicadas superan su capacidad de adaptación o reparación (5,12).

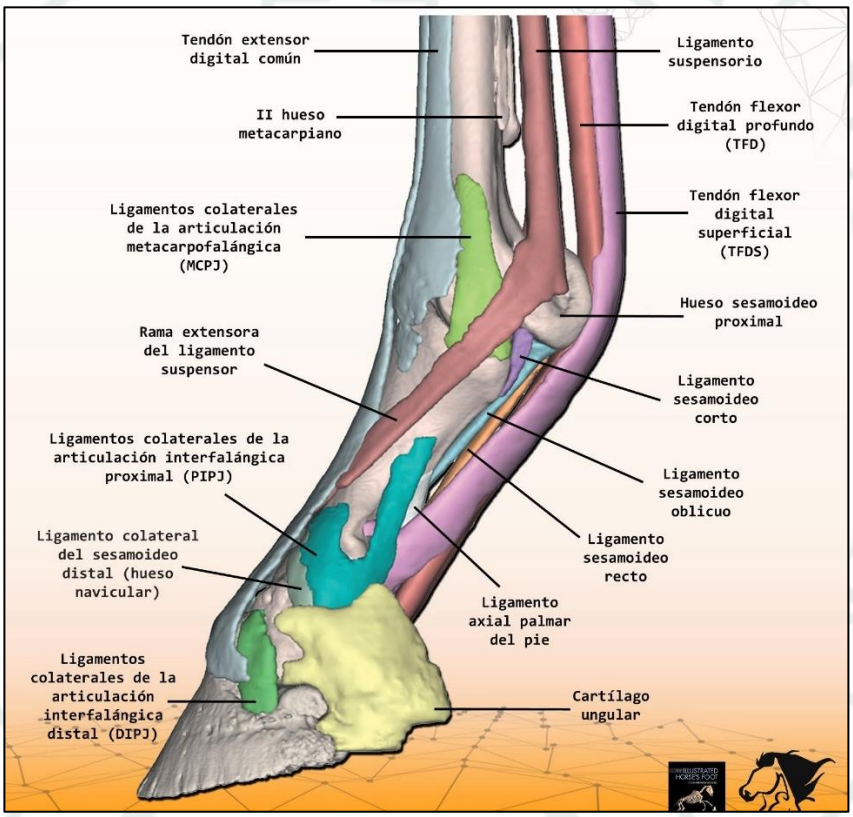
2.1.3.1. Tendón Flexor Digital Superficial

Anatomía: El tendón flexor digital superficial (TFDS) constituye la continuación tendinosa del músculo flexor digital superficial. En el miembro torácico, el vientre muscular se localiza principalmente en la región caudal del antebrazo y su

transición musculotendinosa ocurre proximalmente al carpo. A partir de este punto, el tendón desciende por la cara palmar del miembro, atravesando el canal carpiano, para continuar sobre la superficie palmar del metacarpo acompañado por el tendón flexor digital profundo y el ligamento suspensor del menudillo (12,13)

En la región del menudillo el TFDS envuelve parcialmente al tendón flexor digital profundo, formando una disposición anatómica característica que facilita el deslizamiento de ambas estructuras durante los movimientos de flexión y extensión de las articulaciones digitales (13)

Figura 1. Vista lateral de la anatomía del miembro anterior (distal) del caballo *(14)*.



Inserción: Distalmente, el TFDS se divide en dos ramas que se insertan sobre las caras proximopalmares de la falange media (segunda falange), permitiendo la transmisión de la fuerza muscular hacia las articulaciones digitales (13).

Función: Su función principal consiste en flexionar las articulaciones interfalángicas y contribuir a la flexión del menudillo. Además, actúa como un importante elemento del aparato de sostén del miembro anterior, limitando la hiperextensión del menudillo durante el apoyo y almacenando energía elástica que posteriormente es liberada durante la fase de impulsión (3,5).

Importancia durante el ejercicio: El TFDS es considerado un tendón almacenador de energía (energy-storing tendon). Durante el galope puede experimentar deformaciones cercanas a su límite fisiológico, acumulando y liberando energía elástica en cada ciclo locomotor. Esta elevada demanda mecánica explica que sea uno de los tendones con mayor incidencia de lesiones en caballos de carrera, particularmente tendinitis por sobrecarga y microdaño acumulativo (5,15).

2.1.3.2. Tendón Flexor Digital Profundo

Anatomía: El tendón flexor digital profundo (TFDP) se origina a partir de la unión de los tendones procedentes de las tres cabezas del músculo flexor digital profundo (humeral, radial y cubital). Estas estructuras convergen proximalmente al carpo para formar un tendón único que discurre por la cara palmar del miembro, profundo al TFDS, atravesando el canal carpiano y continuando dentro de la vaina digital hasta alcanzar la región distal del dedo (12).

Inserción: Su inserción se localiza en la superficie flexora de la falange distal (tercera falange), donde transmite las fuerzas necesarias para la flexión de la articulación interfalángica distal (13).

Función: El TFDP participa principalmente en la flexión de la articulación interfalángica distal y contribuye al mantenimiento de la estabilidad del casco durante el apoyo. Asimismo, colabora en la absorción de las fuerzas generadas durante la locomoción y en la distribución uniforme de las cargas a lo largo del miembro anterior (13).

Importancia durante el ejercicio: Aunque soporta cargas elevadas durante la carrera, el TFDP cumple principalmente una función de transmisión de fuerza y estabilización. Las lesiones de este tendón pueden afectar significativamente el rendimiento deportivo debido al dolor, la disminución de la flexión digital y la alteración de la biomecánica del miembro (1,12).

2.1.3.3. Tendón Extensor Digital Común

Anatomía: El tendón extensor digital común representa la continuación distal del músculo extensor digital común, localizado sobre la superficie craneal del antebrazo. El tendón atraviesa la cara dorsal del carpo y del metacarpo para dirigirse

hacia la región dorsal del dedo, donde permanece superficial a las estructuras óseas y articulares (13).

Inserción: Su inserción principal se encuentra sobre el proceso extensor de la falange distal, aunque también presenta inserciones en la falange proximal y media mediante expansiones tendinosas (13).

Función: Su principal función consiste en extender las articulaciones digitales durante la fase de oscilación del miembro y colaborar en el correcto posicionamiento del casco previo al contacto con el suelo. Además, participa en el control de los movimientos del dedo durante la locomoción (2).

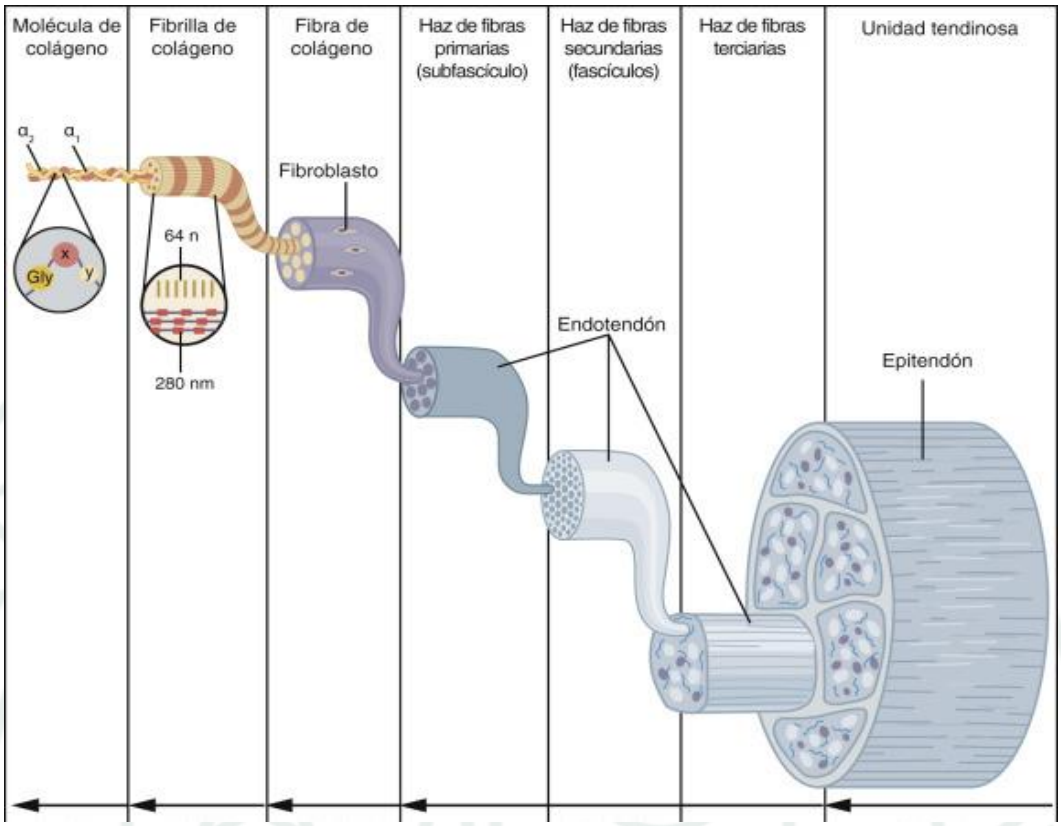
Importancia durante el ejercicio: A diferencia del TFDS, el TEDC es considerado un tendón posicional (positional tendon), ya que su función principal está orientada al control del movimiento más que al almacenamiento de energía elástica. Debido a ello, soporta menores deformaciones mecánicas y presenta una incidencia considerablemente menor de lesiones deportivas; sin embargo, las lesiones traumáticas o por sobreuso pueden comprometer la extensión del dedo y afectar el rendimiento atlético del caballo (5).

2.1.3.4. Irrigación y estructura del tendón

Los tendones equinos están constituidos principalmente por una matriz extracelular organizada jerárquicamente, cuya composición y arquitectura determinan sus propiedades biomecánicas. Aproximadamente entre el 70 y 85 % de la materia seca corresponde a colágeno tipo I, proteína responsable de proporcionar resistencia a las fuerzas de tensión. En menor proporción se encuentran colágeno tipo III, elastina, proteoglucanos y glicoproteínas, componentes que contribuyen a la elasticidad y organización del tejido tendinoso (5,16)

Las principales células del tendón son los tenocitos, fibroblastos altamente especializados encargados de sintetizar, mantener y remodelar la matriz extracelular. Estas células responden a los estímulos mecánicos modificando la producción de colágeno y otros componentes matriciales, desempeñando un papel esencial en la adaptación del tendón al ejercicio y en los procesos de reparación tisular (16,17)

Figura 2. Estructura del tendón *(18)*.



La irrigación tendinosa es relativamente limitada en comparación con otros tejidos musculoesqueléticos. El aporte vascular proviene de tres fuentes principales: la unión musculotendinosa, la inserción ósea y los vasos que penetran desde el paratendón o mesotendón. Diversos estudios angiográficos han demostrado la existencia de regiones con menor perfusión, particularmente en la porción media del tendón flexor digital superficial y en determinados segmentos del tendón flexor digital profundo, lo que podría explicar, al menos en parte, su mayor predisposición al desarrollo de lesiones degenerativas y una capacidad de cicatrización limitada (12,19).

Desde el punto de vista biomecánico, los tendones presentan un comportamiento viscoelástico que les permite deformarse de manera reversible durante la aplicación de cargas fisiológicas y recuperar posteriormente su longitud original. Esta propiedad favorece el almacenamiento y la liberación de energía elástica durante la locomoción. No obstante, cuando las cargas mecánicas exceden el límite fisiológico del tejido o se repiten de forma continua sin un periodo adecuado de recuperación, pueden producirse microlesiones del colágeno, alteraciones de la matriz extracelular y, finalmente, lesiones tendinosas clínicamente evidentes (5,15).

2.1.4. Lesiones tendinosas en caballos de carrera

Las lesiones tendinosas constituyen alteraciones estructurales que comprometen la integridad y función normal del tendón como consecuencia de la acción de fuerzas mecánicas que superan su capacidad fisiológica de adaptación (2).

Estas lesiones pueden afectar la organización de las fibras de colágeno, la matriz extracelular y las células tendinosas, produciendo desde cambios microscópicos iniciales hasta rupturas parciales o completas del tejido.

En los caballos atletas representan una de las principales causas de disminución del rendimiento deportivo, debido a que comprometen estructuras indispensables para la transmisión de fuerzas y el almacenamiento de energía elástica durante la locomoción.

En medicina veterinaria equina, el término tendinopatía engloba el conjunto de alteraciones degenerativas, inflamatorias y traumáticas que afectan a los tendones, independientemente de su etiología. Aunque tradicionalmente se utilizó el término tendinitis para describir la mayoría de estas lesiones, actualmente se reconoce que muchos procesos corresponden a una degeneración progresiva de la matriz extracelular acompañada de una respuesta inflamatoria variable, por lo que el concepto de tendinopatía resulta más apropiado para describir la enfermedad en su conjunto.

Las lesiones tendinosas se presentan con mayor frecuencia en los miembros anteriores, particularmente en el tendón flexor digital superficial, debido a que esta estructura funciona como un tendón almacenador de energía y soporta elevadas tensiones durante el galope. En menor proporción pueden verse afectados el tendón flexor digital profundo y el tendón extensor digital común, cuya función biomecánica difiere del primero y condiciona una menor incidencia de lesiones por sobrecarga.

Desde el punto de vista clínico, las lesiones tendinosas ocasionan dolor, inflamación, alteraciones funcionales y disminución del desempeño deportivo. Además, presentan una elevada tasa de recurrencia debido a que el tejido cicatricial formado durante la reparación posee una organización fibrilar y propiedades biomecánicas inferiores al tendón original, situación que limita la recuperación completa del atleta equino.

2.1.4.1. Etiología

Las lesiones tendinosas en caballos de carrera son consideradas de origen multifactorial. Su aparición depende de la interacción entre factores intrínsecos propios del tejido tendinoso y factores extrínsecos relacionados con el entrenamiento, la intensidad del ejercicio y las condiciones de competencia. En la actualidad existe consenso en que la mayoría de las lesiones deportivas no obedecen a un único episodio traumático, sino al efecto acumulativo de microlesiones producidas por cargas repetitivas que exceden la capacidad de adaptación del tendón (1).

Sobrecarga mecánica

La sobrecarga mecánica constituye el principal mecanismo responsable de las lesiones tendinosas en caballos atletas. Durante el galope, los tendones flexores experimentan deformaciones cercanas a su límite fisiológico, soportando fuerzas de tensión muy elevadas que permiten almacenar y liberar energía elástica en cada ciclo locomotor. Cuando estas cargas superan la resistencia del tejido o se aplican de manera repetitiva durante periodos prolongados, se producen alteraciones en la organización de las fibras de colágeno y microdaños progresivos de la matriz extracelular, favoreciendo el desarrollo de tendinopatías (1).

El tendón flexor digital superficial presenta una susceptibilidad particular debido a que funciona como un tendón de almacenamiento de energía, sometido a deformaciones considerablemente mayores que los tendones de tipo posicional, como el tendón extensor digital común. Esta diferencia funcional explica la mayor frecuencia de lesiones observada en el TFDS en comparación con otros tendones del miembro anterior (1).

Fatiga acumulativa

La fatiga del tejido tendinoso constituye otro factor determinante en la aparición de lesiones. Las cargas repetidas generan microdaños en las fibras de colágeno que, cuando exceden la capacidad de reparación fisiológica del tendón, se acumulan progresivamente hasta producir una falla estructural. Este proceso ocurre de manera silenciosa durante semanas o meses antes de manifestarse clínicamente, razón por

la cual muchas lesiones diagnosticadas durante la competencia representan el estadio final de un proceso degenerativo previamente establecido.

Además del daño mecánico directo, el incremento de la temperatura intratendinosa durante el ejercicio intenso puede afectar la viabilidad de los tenocitos y favorecer alteraciones en la síntesis y remodelación del colágeno, contribuyendo al deterioro progresivo del tejido (1).

Entrenamiento

El entrenamiento constituye un factor indispensable para el desarrollo de la capacidad atlética del caballo; sin embargo, programas de entrenamiento excesivamente intensos, incrementos bruscos de la carga de trabajo o periodos insuficientes de recuperación pueden favorecer la aparición de lesiones tendinosas. El tendón posee una capacidad limitada de adaptación a los estímulos mecánicos, por lo que requiere tiempos adecuados para reparar los microdaños producidos durante el ejercicio. Cuando este equilibrio se pierde, predominan los procesos degenerativos sobre los mecanismos de reparación tisular (1).

Por el contrario, programas de acondicionamiento progresivo durante las etapas tempranas de la vida deportiva favorecen la maduración de la matriz extracelular y mejoran la capacidad del tendón para soportar las cargas propias de la competencia. Este concepto ha sido denominado por Smith y colaboradores como una "ventana de oportunidad" para optimizar la adaptación del tejido tendinoso al ejercicio (1).

Edad deportiva

La permanencia del caballo en actividades deportivas constituye un factor estrechamente relacionado con la aparición de lesiones tendinosas. A medida que aumentan los años en competencia, el tendón se encuentra expuesto a un mayor número de ciclos de carga y descarga, favoreciendo la acumulación de microlesiones y modificaciones degenerativas de la matriz extracelular. Diversos estudios han señalado que el riesgo de lesión aumenta conforme se incrementa la exposición al entrenamiento y a la competición, más que por la edad cronológica del animal. Los años en competencia representan un indicador indirecto de la carga deportiva acumulada, razón por la cual constituyen una variable de interés para evaluar la frecuencia de presentación de lesiones tendinosas en caballos de carrera.

Superficie de competencia

Las características de la superficie sobre la que entrenan y compiten los caballos también influyen en la magnitud de las fuerzas transmitidas a los miembros anteriores. La dureza, elasticidad, compactación y capacidad de absorción del impacto modifican las cargas biomecánicas soportadas por tendones y ligamentos. Superficies excesivamente rígidas incrementan las fuerzas de impacto, mientras que superficies muy profundas aumentan el esfuerzo requerido durante la fase de impulsión, pudiendo favorecer la aparición de lesiones por sobrecarga (1).

2.1.4.2. Fisiopatología

Las lesiones tendinosas en el caballo de carrera son el resultado de un proceso biológico complejo en el que intervienen mecanismos mecánicos, celulares y moleculares. Aunque muchas lesiones se manifiestan clínicamente de forma aguda, la evidencia científica demuestra que, en la mayoría de los casos, corresponden al desenlace de un proceso degenerativo progresivo iniciado mucho antes de la aparición de los signos clínicos (20,21).

Microlesiones

Durante el ejercicio de alta intensidad, especialmente en el galope, los tendones flexores experimentan deformaciones repetitivas cercanas a su límite fisiológico. Estas cargas generan pequeñas alteraciones en la organización de las fibras de colágeno y en la matriz extracelular, conocidas como microlesiones o microdaños. En condiciones normales, dichos cambios son reparados mediante mecanismos fisiológicos de remodelación; sin embargo, cuando la frecuencia o intensidad del ejercicio supera la capacidad regenerativa del tendón, el daño comienza a acumularse progresivamente (20,21).

El tendón flexor digital superficial es particularmente susceptible debido a su función como tendón almacenador de energía. Durante cada ciclo de apoyo e impulsión experimenta elevados niveles de deformación, situación que favorece la fatiga mecánica de las fibrillas de colágeno y el deterioro gradual de la matriz extracelular. Este fenómeno explica por qué las lesiones suelen localizarse en la porción media del tendón, región sometida a mayores tensiones biomecánicas y con limitada capacidad de adaptación (20,22).

Inflamación

El daño estructural desencadena una respuesta inflamatoria cuya finalidad inicial consiste en eliminar el tejido lesionado y favorecer la reparación. Durante las primeras horas posteriores a la lesión se produce hemorragia local, aumento de la permeabilidad vascular e infiltración de células inflamatorias, principalmente neutrófilos y posteriormente macrófagos. Estas células liberan citocinas, factores de crecimiento y enzimas proteolíticas que participan en la degradación del tejido dañado y en la activación de los mecanismos reparativos (23,24).

Actualmente se reconoce que la inflamación no constituye únicamente una fase inicial de la lesión, sino un proceso regulador del remodelado tisular. No obstante, cuando la respuesta inflamatoria persiste o no logra resolverse adecuadamente, favorece la degradación continua de la matriz extracelular y limita la recuperación funcional del tendón, incrementando el riesgo de recurrencia (23,24).

Degeneración

A medida que el daño progresa, el tendón desarrolla cambios degenerativos caracterizados por la pérdida de la organización paralela de las fibras de colágeno, incremento del contenido de colágeno tipo III, aumento de proteoglicanos, neovascularización y modificaciones en la actividad metabólica de los tenocitos. Estas alteraciones disminuyen la resistencia mecánica del tejido y reducen su capacidad para almacenar y liberar energía durante la locomoción (20,22).

Desde el punto de vista histológico, los tenocitos adquieren una morfología más redondeada y muestran cambios en la expresión génica asociados con procesos de reparación y fibrosis. Paralelamente, la matriz extracelular pierde su arquitectura altamente organizada, originando un tejido menos resistente y más susceptible a nuevas lesiones cuando el caballo retorna a la actividad deportiva (23,24).

Cicatrización

La reparación tendinosa ocurre mediante tres fases parcialmente superpuestas: inflamación, proliferación y remodelación. Durante la fase proliferativa predominan los fibroblastos y tenocitos activados, responsables de sintetizar nuevo colágeno, principalmente tipo III, formando inicialmente un tejido de granulación desorganizado. Posteriormente, durante la fase de remodelación, parte de este

colágeno es reemplazado por colágeno tipo I y las fibras adquieren una orientación más paralela siguiendo las líneas de tensión mecánica (24).

Sin embargo, el tendón reparado rara vez recupera las características estructurales del tejido original. La cicatriz presenta mayor contenido de colágeno tipo III, alteraciones en el diámetro de las fibrillas, incremento de la rigidez y menor capacidad para almacenar energía elástica. Como consecuencia, el tejido cicatricial constituye un punto biomecánicamente más débil, lo que explica la elevada frecuencia de recaídas observada en caballos que retornan prematuramente a la competencia (20,24).

2.1.5. Clasificación de las lesiones tendinosas

En medicina deportiva equina, las lesiones tendinosas pueden clasificarse según su extensión, el grado de compromiso estructural y los hallazgos clínicos o ultrasonográficos. En la presente investigación se adoptó una clasificación basada en el diagnóstico ecográfico emitido durante la evaluación de los tendones de los miembros anteriores, considerando cuatro tipos principales de lesión: tendinitis, desgarro, ruptura parcial y ruptura completa (24).

Tendinitis

La tendinitis corresponde a la inflamación del tendón asociada con alteraciones iniciales de las fibras de colágeno y de la matriz extracelular. Ecográficamente suele observarse aumento del área transversal del tendón, disminución de la ecogenicidad y pérdida parcial del patrón fibrilar normal. En esta etapa aún no existe una discontinuidad completa de las fibras tendinosas, por lo que el diagnóstico temprano resulta primordial para instaurar medidas terapéuticas y evitar la progresión de la lesión (24).

Desgarro

El desgarro tendinoso corresponde a la ruptura localizada de un grupo de fibras de colágeno ocasionada por una sobrecarga mecánica aguda o por la progresión de un proceso degenerativo previo. Desde el punto de vista ultrasonográfico, se caracteriza por áreas focales hipoecoicas o anecoicas asociadas con pérdida de la continuidad fibrilar y alteraciones variables del contorno del tendón. La magnitud del compromiso depende del número de fibras afectadas y de la extensión longitudinal de la lesión (20).

Ruptura parcial

La ruptura parcial implica la discontinuidad de una proporción importante del espesor tendinoso sin afectar completamente la continuidad de la estructura. Clínicamente suele asociarse con claudicación de intensidad variable y aumento de volumen local. En la ecografía se identifican defectos bien delimitados que comprometen parcialmente el área transversal del tendón, conservándose aún algunas fibras funcionales capaces de mantener la continuidad anatómica (24).

Ruptura completa

La ruptura completa representa la lesión de mayor gravedad y se caracteriza por la interrupción total de la continuidad del tendón. Produce una pérdida significativa de la función biomecánica, incapacidad para transmitir adecuadamente la fuerza muscular y alteraciones importantes en la locomoción. Ultrasonográficamente se observa una discontinuidad completa de las fibras, separación de los extremos tendinosos y presencia de un defecto ocupado por hemorragia o tejido de granulación, dependiendo del tiempo transcurrido desde la lesión. El pronóstico deportivo suele ser reservado (24).

2.1.6. Ultrasonografía musculoesquelética en equinos

La ultrasonografía constituye uno de los métodos diagnósticos de mayor utilidad para la evaluación del sistema musculoesquelético del caballo debido a que permite visualizar en tiempo real la arquitectura interna de tendones, ligamentos, músculos y otras estructuras blandas sin emplear radiación ionizante. En medicina deportiva equina, esta técnica representa el procedimiento de elección para el diagnóstico, seguimiento y pronóstico de las lesiones tendinosas, ya que permite identificar alteraciones estructurales que no siempre son evidentes durante el examen clínico (1).

2.1.6.1. Principios físicos

La ultrasonografía se basa en la emisión de ondas sonoras de alta frecuencia por medio de un transductor piezoeléctrico. Estas ondas atraviesan los tejidos y son reflejadas en distinta proporción dependiendo de sus características físicas y de la diferencia de impedancia acústica entre estructuras adyacentes. Los ecos retornan nuevamente al transductor, donde son transformados en señales eléctricas que luego son procesadas para formar la imagen ecográfica en escala de grises (25).

La intensidad del eco determina la ecogenicidad del tejido. Las estructuras que reflejan una mayor cantidad de ultrasonido se observan hiperecogénicas (blancas), mientras que aquellas que reflejan menor cantidad aparecen hipoecogénicas (grises oscuras) o anecoicas (negras). Este principio constituye la base para identificar alteraciones estructurales en los tendones durante la evaluación ultrasonográfica (25,26).

2.1.6.2. Aspecto ecográfico normal de los tendones

El conocimiento de la apariencia ecográfica normal constituye un requisito indispensable para reconocer las alteraciones producidas por las lesiones tendinosas. En un tendón sano, la ecografía longitudinal muestra un patrón fibrilar uniforme formado por haces de colágeno paralelos altamente organizados, mientras que en el plano transversal se observa una imagen homogénea con ecogenicidad uniforme y bordes bien definidos (26).

La ecogenicidad normal depende de la correcta orientación del transductor respecto al eje longitudinal del tendón. Cuando el haz ultrasónico incide de forma perpendicular sobre las fibras de colágeno se obtiene la máxima reflexión del ultrasonido; sin embargo, pequeñas variaciones en el ángulo de incidencia pueden producir el fenómeno de anisotropía, generando áreas artificialmente hipoecogénicas que pueden confundirse con lesiones si no se reconoce adecuadamente este artefacto (26,27).

El tendón flexor digital superficial presenta una arquitectura fibrilar altamente organizada que permite diferenciar claramente sus límites anatómicos respecto al tendón flexor digital profundo. Asimismo, el tendón extensor digital común muestra un patrón homogéneo y una ecogenicidad ligeramente superior debido a las diferencias en la organización de sus fibras y en su función biomecánica (5).

La evaluación ecográfica normal también comprende la valoración del contorno tendinoso, el grosor, el área transversal y la simetría entre ambos miembros anteriores. Cualquier alteración en estos parámetros puede constituir un indicio temprano de lesión, incluso antes de que aparezcan manifestaciones clínicas evidentes (26).

Figura 3. Ecografía transversal normal del tendón palmar equino *(28)*.



Nota: SDFT = Tendón flexor digital superficial, DDFT = Tendón flexor digital profundo, ICL = Ligamento de control inferior, SL = Ligamento suspensorio.

2.1.6.3. Hallazgos ecográficos de las lesiones

La ultrasonografía permite identificar alteraciones estructurales asociadas con diferentes tipos de lesiones tendinosas mediante la evaluación de la ecogenicidad, la organización fibrilar, el área transversal y la continuidad del tendón. Estos hallazgos constituyen la base para establecer el diagnóstico y orientar el pronóstico deportivo del caballo (24).

Tendinitis

En la tendinitis aguda se observa incremento del área transversal del tendón, disminución de la ecogenicidad y pérdida parcial del patrón fibrilar normal. Las zonas inflamadas aparecen hipoecogénicas debido al aumento del contenido de líquido intersticial y a la alteración de la organización de las fibras de colágeno. Dependiendo de la evolución de la lesión, también puede apreciarse un contorno ligeramente irregular y aumento de la vascularización cuando se emplea Doppler color (24,26).

Durante las fases de reparación, la ecogenicidad aumenta progresivamente como consecuencia de la formación de tejido cicatricial; sin embargo, la orientación de las fibras suele permanecer alterada durante un tiempo considerable, aspecto que debe ser evaluado cuidadosamente antes de autorizar el retorno del caballo a la actividad deportiva (24).

Desgarro

El desgarro tendinoso se caracteriza ecográficamente por la presencia de una zona focal hipoecogénica o anecoica asociada con pérdida localizada de la continuidad fibrilar. En ocasiones puede observarse un defecto irregular rodeado por tejido con ecogenicidad disminuida debido a hemorragia y edema. La extensión longitudinal y transversal del desgarro constituye un criterio importante para estimar el pronóstico funcional (24).

Ruptura parcial

En la ruptura parcial existe una discontinuidad importante de las fibras de colágeno que compromete solo una parte del espesor del tendón. Ecográficamente se identifican cavidades hipoecogénicas o anecoicas de mayor tamaño que las observadas en los desgarros, acompañadas por pérdida evidente del patrón fibrilar y aumento del área transversal. A pesar del daño estructural, persisten fibras intactas que mantienen parcialmente la continuidad anatómica del tendón (24,29).

Ruptura completa

La ruptura completa representa la lesión de mayor gravedad. En la ecografía se evidencia una interrupción total de la arquitectura fibrilar con separación de los extremos tendinosos y presencia de un espacio ocupado por sangre, líquido inflamatorio o tejido de granulación, dependiendo del tiempo de evolución. El tendón pierde completamente su continuidad estructural y funcional, situación que generalmente se asocia con un pronóstico deportivo desfavorable (24).

Además del tipo de lesión, la ultrasonografía permite valorar parámetros complementarios como la extensión longitudinal del daño, el porcentaje del área transversal comprometida, la ecogenicidad residual y el grado de alineación de las fibras durante el proceso de reparación, aspectos fundamentales para el seguimiento clínico y la toma de decisiones terapéuticas (24,29).

2.1.6.4. Escalas de severidad ecográfica

La ultrasonografía permite valorar objetivamente la gravedad de las lesiones tendinosas mediante la evaluación de diversos parámetros estructurales observados durante el examen ecográfico. Entre los criterios más empleados se encuentran la ecogenicidad del tejido, el grado de alteración del patrón fibrilar, el porcentaje del área transversal afectada, la extensión longitudinal de la lesión y la pérdida de continuidad de las fibras de colágeno. La valoración conjunta de estos parámetros permite estimar el grado de compromiso estructural del tendón, establecer un pronóstico y realizar el seguimiento de la evolución durante el tratamiento y la rehabilitación (24,26,30).

Los primeros sistemas de graduación ecográfica fueron desarrollados por Genovese et al., quienes propusieron una evaluación sistemática de las lesiones tendinosas basada en la ecogenicidad, el porcentaje del área transversal lesionada y la alineación de las fibras de colágeno (29). Posteriormente, Reef amplió estos criterios describiendo protocolos estandarizados para la exploración ultrasonográfica de los tendones y ligamentos del caballo, resaltando la importancia de utilizar siempre los mismos planos de exploración para garantizar la reproducibilidad de las evaluaciones (26).

Más recientemente, Adams and Stashak's Lameness in Horses señala que la valoración ecográfica de la severidad no debe limitarse a identificar la presencia de una lesión, sino que debe integrar el análisis de la extensión del daño, la organización fibrilar y los cambios observados durante el proceso de cicatrización, ya que estos parámetros son determinantes para establecer el pronóstico funcional y decidir el momento adecuado para el retorno del caballo a la actividad deportiva (28). De igual forma, Whitcomb destaca que la ultrasonografía musculoesquelética constituye actualmente la herramienta de elección para monitorizar la respuesta al tratamiento, debido a que permite detectar cambios estructurales incluso antes de que desaparezcan los signos clínicos (31).

Considerando estos criterios, en la presente investigación la severidad de las lesiones fue registrada mediante una escala ordinal de cuatro categorías (Grado 1 a Grado 4), asignada por el médico veterinario especialista de acuerdo con los hallazgos ultrasonográficos observados durante la evaluación de cada tendón.

Grado 1 (Lesión leve)

Presenta una discreta disminución de la ecogenicidad y una alteración mínima del patrón fibrilar, generalmente asociadas con un incremento leve del área transversal. Corresponde a lesiones iniciales con escaso compromiso estructural y pronóstico favorable cuando reciben un manejo adecuado (24,26,29).

Grado 2 (Lesión moderada)

Se caracteriza por una disminución más evidente de la ecogenicidad, desorganización moderada de las fibras de colágeno y aumento del área transversal del tendón. El compromiso estructural es mayor, aunque todavía permanecen suficientes fibras intactas para conservar parcialmente la resistencia mecánica del tejido (24,29,30).

Grado 3 (Lesión severa)

Corresponde a lesiones con marcada pérdida del patrón fibrilar, extensas áreas hipoecogénicas o anecoicas y alteración importante de la arquitectura tendinosa. Estas lesiones presentan un pronóstico deportivo reservado debido al deterioro considerable de las propiedades biomecánicas del tendón (24,26,30).

Grado 4 (Lesión muy severa)

Representa el mayor grado de compromiso estructural. Se observa una pérdida casi completa de la organización fibrilar y una extensa alteración de la continuidad del tendón, compatible con lesiones muy extensas o rupturas completas. En estos casos, la recuperación funcional suele ser prolongada y el retorno al nivel competitivo previo es incierto debido a la formación de tejido cicatricial con propiedades biomecánicas inferiores al tendón sano (24,26,30,31).

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Análisis de tesis

Busse, N (32) “Técnicas diagnósticas imagenológicas aplicadas a afecciones de la región del carpo equino: una revisión” El carpo equino es una región anatómica compleja que puede sufrir lesiones traumáticas y degenerativas que disminuyen el rendimiento deportivo del caballo y generan importantes pérdidas económicas. Por ello, es fundamental realizar un diagnóstico oportuno y preciso. El avance de las técnicas de imagen ha permitido mejorar la identificación y el tratamiento de estas patologías, además de ampliar el conocimiento sobre sus procesos clínicos. Esta revisión bibliográfica analizó la eficacia de los principales métodos de diagnóstico por imagen utilizados para evaluar las afecciones del carpo en equinos. Para ello, se revisó literatura científica publicada desde 2003 en diversas bases de datos, considerando técnicas como la radiografía, ultrasonografía, resonancia magnética, tomografía computarizada y cintigrafía. Las patologías se clasificaron en afecciones articulares y fracturas, procesos sépticos y lesiones de tejidos periarticulares. Los resultados muestran que la radiografía continúa siendo el método de diagnóstico más empleado, especialmente cuando se complementa con la ultrasonografía para valorar los tejidos blandos. No obstante, debido a la complejidad anatómica del carpo, técnicas avanzadas como la resonancia magnética, la tomografía computarizada y la cintigrafía ofrecen una evaluación más detallada y precisa, siendo especialmente útiles para detectar lesiones tempranas o de difícil acceso. Aunque estas técnicas presentan mayor precisión diagnóstica, su uso está limitado por su alto costo y menor disponibilidad.

Castro, A (33) “Evaluación ultrasonográfica de las estructuras internas del dígito equino a través de la técnica transmural del casco: Estudio Piloto” La ultrasonografía es una herramienta ampliamente utilizada para diagnosticar lesiones en la porción distal de los miembros del caballo; sin embargo, existían limitaciones para evaluar las estructuras internas del casco a través de la pared córnea. Este estudio tuvo como objetivo estandarizar una técnica ultrasonográfica transmural que permitiera describir la anatomía normal y valorar las estructuras internas del casco de forma más completa. La investigación se realizó en piezas anatómicas y en equinos vivos clínicamente sanos, cuyos cascos fueron evaluados mediante ultrasonografía tras un periodo de inmersión en agua, comparando los resultados con radiografías y, en las piezas anatómicas, con cortes sagitales. Se determinó que la inmersión mejoró significativamente la calidad de

las imágenes obtenidas. La técnica permitió identificar y describir las principales capas del casco, incluyendo la pared córnea, la dermis parietal, la región laminar, la dermis vascular sublaminar y la dermis solear, además de otras estructuras anatómicas relevantes y su relación con la falange distal. Los resultados demostraron que la ultrasonografía transmural es útil para evaluar de forma cualitativa y cuantitativa los tejidos del casco y establecer su relación anatómica normal con la falange distal.

2.2.2. Análisis de trabajos de investigación

Ullah et al (34) "Hallazgos clínicos y ecografíacos en caballos afectados por tendinopatías flexoras crónicas y lesiones asociadas de tejidos blandos de diversas articulaciones". En este estudio, se seleccionaron cuarenta y ocho caballos sanos y lesionados propiedad de clientes, que sufrían de tendinitis crónica, artritis del menudillo y dolor/inflamación en otras articulaciones, y se dividieron en tres grupos iguales (n=16) a saber Grupo A (Carreras), Grupo B (Polo) y Grupo C (Caballos de tiro); cada grupo comprendía dos subgrupos iguales a saber sanos (n=8) y no sanos (n=8). Se evaluaron las tendinopatías crónicas del flexor digital superficial y profundo (SDFT y DDFT), así como las lesiones de ligamentos de varias articulaciones (codo, carpo, menudillo, rodilla y corvejón). Se realizaron evaluaciones clínicas y ecográficas exhaustivas. El porcentaje de prevalencia de lesiones mostró que las lesiones del ligamento colateral del menudillo fueron las más frecuentes (50%) en el Grupo A de caballos de carreras, mientras que las tendinopatías flexoras (50%) fueron las más frecuentes en el Grupo B de caballos de polo. Por el contrario, el Grupo C de caballos de tiro manifestó una mayor prevalencia de lesiones del carpo, menudillo, rodilla y corvejón (25%). Todos los caballos con problemas de salud manifestaron parámetros clínicos estadísticamente significativos de hinchazón, dolor, cojera y reducción del rango de movimiento. Ecográficamente, los caballos de carreras y de polo con problemas de salud presentaron hiperecogenicidad de la lesión (P=0,014), alteración del patrón de fibras (P=0,002 y P=0,007, respectivamente) y heterogeneidad (P=0,002). La gravedad de la lesión fue altamente significativa (P=0,003) en los Grupos A (Carreras) y C (Tiro). Los caballos de carreras y de polo presentaron mayor cojera (P=0,002) y un peor pronóstico (P=0,001) en comparación con los caballos de tiro (cojera: P=0,012; pronóstico: P=0,006). En conclusión, las lesiones fueron más pronunciadas en los caballos de carreras, seguidos por los de polo y los de tiro, respectivamente.

Mitchell et al (35) “Hallazgos ecográficos en tendones y ligamentos de caballos deportivos cojos que compitieron o entrenaron en instalaciones del sur de Florida durante las temporadas de invierno de 2007 a 2016”. Se revisaron los registros médicos de 296 caballos deportivos con cojera atendidos entre 2007 y 2016, con el objetivo de describir las lesiones de tendones y ligamentos diagnosticadas mediante examen clínico y ecografía. La población incluyó caballos de doma clásica y salto, registrándose información sobre disciplina, edad, sexo, extremidad afectada y características ecográficas de las lesiones. Además, se analizaron posibles asociaciones entre estas variables y el tipo de lesión. Los resultados mostraron que el ligamento suspensorio fue la estructura más afectada, especialmente en su origen proximal y en sus ramas. También se identificaron lesiones en el tendón flexor digital superficial (TFDS), el tendón flexor digital profundo (TFDP), el ligamento de control inferior y otras estructuras, aunque con menor frecuencia. Aproximadamente un tercio de los caballos presentó lesiones múltiples, y las lesiones proximales del ligamento suspensorio de la extremidad posterior derecha fueron significativamente más comunes. Las lesiones del ligamento suspensorio, el ligamento de control inferior y los tendones flexores representaron el 82 % de todas las alteraciones detectadas. Estos resultados destacan la utilidad de la ecografía para identificar las lesiones más frecuentes en caballos deportivos y proporcionan información valiosa para orientar el diagnóstico, el diseño de programas de entrenamiento, el seguimiento clínico y la rehabilitación de los animales afectados.

Padaliya et al (28) “Evaluación ecográfica de los tendones palmares equinos”. El presente estudio se realizó para evaluar el tendón palmar equino mediante ecografía (USG) en posición de pie. Se realizó una ecografía de los tendones palmares en 40 caballos adultos utilizando un transductor lineal con una frecuencia de 10-18 MHz (e-soate, My Lab FIVE) y un transductor de matriz lineal L52 (Titan, SonoSite) con frecuencias que oscilan entre 8 y 10 MHz. El tendón palmar se dividió en 7 niveles desde distal hasta el hueso carpiano accesorio hasta el cornezuelo en la exploración transversal y en 3 niveles en la exploración longitudinal. La ecografía fue muy útil para el diagnóstico de afecciones como la tendinitis crónica, la desmitis del ligamento suspensorio, la tenosinovitis de la vaina carpiana y los derrames de la vaina digital. El área de sección transversal promedio (cm^2) de los tendones afectados aumentó significativamente en comparación con los tendones sanos. También se observó una

disminución de la ecogenicidad en los tendones y ligamentos afectados, junto con una desorganización de la alineación de las fibras, según la gravedad de la lesión. La ecografía demostró ser una herramienta de diagnóstico ideal para el diagnóstico y la evaluación de la curación posterior al tratamiento de las lesiones tendinosas en caballos.

Parra et al (36) "Evaluación ecográfica de los tendones flexores digitales de caballos de salto sometidos a entrenamiento en cinta rodante". Este estudio tuvo como objetivo realizar una evaluación ultrasonográfica de los tendones flexores digitales de caballos de salto sometidos a entrenamiento complementario en una cinta rodante. Quince caballos deportivos brasileños se dividieron en dos grupos: Grupo I con 7 animales en entrenamiento físico complementario al entrenamiento estándar en la Escuela de Equitación del Ejército Brasileño; y Grupo II con 8 animales en entrenamiento estándar utilizado en la Escuela de Equitación del Ejército Brasileño. El entrenamiento complementario se realizó en una cinta rodante en un plano inclinado. Se tomaron imágenes ultrasonográficas al inicio y al final del entrenamiento. Las extremidades torácica y pélvica izquierdas de los caballos fueron evaluadas para valores de ecogenicidad y áreas de sección transversal de los tendones flexores digitales superficiales (TFDS) y tendones flexores digitales profundos (TFDP) en las zonas IA, IIB y IIIB. Las áreas medias de los TFDS fueron 93,7 mm^2 y 95,8 mm^2 al inicio y al final del entrenamiento, respectivamente. El área de sección transversal del DFFT aumentó de 124,6 mm^2 al inicio del entrenamiento a 136,8 mm^2 al final del mismo. Los valores de ecogenicidad de ambos tendones se situaron entre 0 y 1, como se esperaba, lo que permite concluir que, clínicamente, los animales mostraron adaptación al protocolo de ejercicio sin que se detectaran signos de lesión tendinosa, lo que implica que el entrenamiento tradicional y el entrenamiento complementario son seguros.

Crawford et al (37) "Factores de riesgo de lesiones musculoesqueléticas en caballos de carreras pura sangre en Queensland, Australia: cómo varían estos factores en caballos de dos años o más y según el tipo de lesión" Las lesiones musculoesqueléticas (LME) continúan siendo una de las principales causas de problemas de salud y rendimiento en los caballos de carreras pura sangre, a pesar de décadas de investigación. Este estudio identificó factores que aumentan el riesgo de lesión, destacando que los caballos de dos años, especialmente aquellos nacidos de yeguas primíparas y con entre 10 y 14 semanas de entrenamiento, presentan una mayor probabilidad de desarrollar lesiones, como la enfermedad metacarpiana dorsal ("dolor en las espinillas"). Asimismo, los caballos que

realizan mayores distancias a alta velocidad durante las semanas previas también tienen un riesgo significativamente mayor de sufrir lesiones. Los resultados evidenciaron que existe una relación no lineal entre el ejercicio intenso y la aparición de LME, lo que sugiere que el entrenamiento a alta velocidad es necesario para favorecer la adaptación de los tejidos, aunque un exceso incrementa el riesgo de lesión. Además, en caballos considerados de alto riesgo, aumentar los días de trabajo a baja intensidad podría ser más beneficioso que mantenerlos en reposo. En conjunto, la detección temprana de animales con mayor susceptibilidad y el ajuste adecuado de sus programas de entrenamiento pueden contribuir a reducir la incidencia de lesiones musculoesqueléticas en caballos de carreras.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del trabajo

3.1.1.1. Espacial

El estudio se realizó en las instalaciones del Hipódromo de Arequipa, ubicado en el sector de la Asociación Sol Oeste, distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa. Las coordenadas geográficas son: Latitud 16°20'44.4" S, Longitud 71°35'51.1" W (38).

3.1.1.2. Temporal

La fase experimental y de evaluación se ejecutó durante los meses de mayo y julio del año 2026.

3.1.2. Materiales biológicos

- Caballos de carrera

3.1.3. Materiales de campo

- Ecógrafo portátil con batería recargable.
- Gel de ecografía.
- Transductores lineales 5.5-7.5 MHz.
- Pad.
- Material de sujeción.
- Caja de transporte para equipo.
- Registro de campo.

3.1.5. Materiales de escritorio

- Matriz de datos digital.
- Bolígrafos, marcadores indelebles.
- Computadora portátil o tableta para registro digital y análisis preliminar de imágenes.

3.1.6. Equipos y maquinarias

- Cámara fotográfica

3.2. Métodos

3.2.1. Muestreo

3.2.1.1. Universo

El universo estuvo constituido por aproximadamente 60 caballos de carrera (ver anexo 4) en actividad y ubicados en el hipódromo de Arequipa, Perú durante el periodo de ejecución del estudio.

3.2.1.2. Tamaño de muestra

La muestra estuvo conformada por 30 caballos de carrera que cumplieron los criterios de inclusión establecidos para la investigación. Debido a las características operativas del estudio y a la disponibilidad de los animales durante el periodo de evaluación, no se realizó un cálculo de tamaño muestral, por lo que se trabajó con la totalidad de los caballos que pudieron ser evaluados mediante ultrasonografía y que reunieron las condiciones requeridas para su inclusión en el estudio.

Criterios de inclusión:

- Caballos de carrera registrados en el Hipódromo de Arequipa.
- Caballos disponibles para la evaluación ultrasonográfica durante el periodo de estudio.
- Caballos cuyos propietarios o responsables autorizaron la realización del examen ultrasonográfico.

Criterios de exclusión:

- Caballos que presentaron condiciones que impidieron la realización del examen ecográfico.

3.2.1.3. Procedimiento de muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se incluyeron los caballos de carrera que estuvieron disponibles durante el periodo de estudio y que cumplieron los criterios de inclusión establecidos. La selección de los animales se realizó considerando la autorización para su evaluación, la disponibilidad durante las jornadas programadas de ultrasonografía y la posibilidad de efectuar el examen ecográfico de los tendones de ambos miembros anteriores.

3.2.2. Métodos de evaluación

3.2.2.1. Metodología de la experimentación

1) Antes de iniciar cada evaluación ultrasonográfica, los caballos fueron contenidos por personal responsable del manejo habitual de los animales, procurando mantenerlos en estación y minimizar los movimientos durante el examen. Posteriormente, se preparó la región anatómica correspondiente a los miembros anteriores mediante la limpieza de la superficie cutánea y, cuando fue necesario, el recorte del pelo para favorecer un adecuado contacto entre el transductor y la piel. Finalmente, se aplicó gel conductor sobre la zona de evaluación con el propósito de mejorar la transmisión de las ondas ultrasónicas y optimizar la calidad de las imágenes obtenidas.

2) Las evaluaciones ultrasonográficas se realizaron bajo la supervisión de un médico veterinario especialista en ultrasonografía veterinaria, utilizando un ecógrafo equipado con un transductor lineal de alta frecuencia, adecuado para la evaluación de estructuras tendinosas superficiales. Con el propósito de estandarizar el procedimiento, todas las evaluaciones se realizaron siguiendo el mismo protocolo de exploración ecográfica.

3) En cada caballo se exploraron sistemáticamente ambos miembros anteriores, iniciando por el miembro anterior derecho y continuando con el miembro anterior izquierdo. En cada miembro se evaluaron el tendón flexor digital profundo (TFDP), el tendón flexor digital superficial (TFDS) y el tendón extensor digital común (TEDC), realizando cortes longitudinales y transversales de cada estructura tendinosa para obtener una valoración completa de su arquitectura ecográfica.

4) Durante la exploración, el médico veterinario analizó las características ecográficas de cada tendón y emitió un diagnóstico ecográfico de acuerdo con los hallazgos observados. Los diagnósticos fueron registrados como: sin lesión, tendinitis, desgarro, ruptura parcial, ruptura completa u otro diagnóstico, cuando la lesión no correspondió a las categorías previamente

establecidas; en este último caso, se consignó la denominación específica en el apartado de observaciones del registro de campo.

5) Posteriormente, para cada lesión identificada se estableció el grado de severidad utilizando una escala ordinal de cuatro categorías (I, II, III y IV), de acuerdo con los criterios diagnósticos empleados por el médico veterinario durante la interpretación ultrasonográfica. Los grados I al V representaron un incremento progresivo en la severidad del compromiso tendinoso.

6) Adicionalmente, para cada caballo se registró el número de años en competencia, información obtenida a partir de los registros proporcionados por la administración del Hipódromo de Arequipa y corroborada con los responsables de cada animal cuando fue necesario.

7) Toda la información obtenida durante las evaluaciones fue registrada inmediatamente en una ficha de recolección de datos diseñada específicamente para la investigación, consignando el código del caballo, el miembro evaluado (derecho o izquierdo), el tendón examinado, el diagnóstico ecográfico, el grado de severidad y las observaciones correspondientes.

8) Finalizadas las evaluaciones de campo, los datos fueron revisados para verificar su integridad y consistencia. Posteriormente, se realizó la codificación de las variables y el ingreso de la información en una base de datos elaborada en Microsoft Excel®, donde se efectuó un proceso de depuración para identificar posibles errores de digitación o registros incompletos. Finalmente, la base de datos fue exportada al programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 29.0 para realizar el análisis descriptivo e inferencial correspondiente, de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación.

3.2.2.2. Recopilación de la información

a. En el campo

La información fue recopilada directamente en las instalaciones del Hipódromo de Arequipa durante la ejecución del trabajo de campo. Se realizaron evaluaciones ultrasonográficas de los miembros anteriores de los caballos de carrera incluidos en el estudio.

b. En la biblioteca

Se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos, libros especializados, tesis, manuales y documentos técnicos relacionados con la anatomía y fisiología de los tendones equinos, las lesiones tendinosas en caballos de carrera, la ultrasonografía musculoesquelética y los métodos de diagnóstico por imágenes en medicina veterinaria.

c. En otros ambientes generadores de la información científica

Se consultaron bases de datos científicas y repositorios académicos nacionales e internacionales. Asimismo se contó con la asesoría externa de un especialista.

3.3. Variables de respuesta

3.3.1. Variables independientes

- Años en competencia del caballo de carrera.

3.3.2. Variables dependientes

- Presencia de lesión tendinosa.
- Tipo de lesión tendinosa.
- Severidad de la lesión tendinosa.

Tabla 1. Operacionalización de variables

	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento
Independiente	**Años en competencia**	Tiempo, expresado en años, durante el cual el caballo ha participado en competencias oficiales de carrera.	Se registrará el número de años en competencia de cada caballo a partir de los registros del Hipódromo de Arequipa o de la información proporcionada por el responsable del animal.	1 año, 2 años, 3 años, 4 años, 5 años	Ficha de recolección de datos
Dependientes	**Presencia de lesión tendinosa**	Existencia o ausencia de alteraciones estructurales en los tendones evaluados mediante ultrasonografía.	Se determinará mediante la evaluación ultrasonográfica de cada tendón de los miembros anteriores, registrando si presenta o no lesión.	Con lesión, sin lesión	Ecógrafo y ficha de evaluación ultrasonográfica
	Tipo de lesión tendinosa	Alteración estructural identificada mediante ultrasonografía en los tendones evaluados.	Se registrará el diagnóstico ecográfico emitido para cada tendón evaluado.	Sin lesión, tendinitis, desgarro, ruptura parcial, ruptura completa, otro	
	Severidad de la lesión	Grado de compromiso estructural de la lesión determinado mediante criterios ecográficos.	Se asignará un grado de severidad de acuerdo con la interpretación ecográfica realizada por el médico veterinario especialista.	Grado I, II, III y IV	

3.4. Evaluación estadística

3.4.1. Diseño Experimental

3.4.1.1. Unidades experimentales

La unidad de estudio estuvo constituida por cada caballo de carrera incluido en la investigación.

3.4.2. Análisis estadístico

3.4.2.1. Análisis de significancia

Con la finalidad de evaluar la relación entre los años en competencia y la severidad de las lesiones tendinosas, se empleó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (ρ), debido a que ambas variables presentaron naturaleza ordinal y no se asumió una distribución normal de los datos. Se consideró una asociación estadísticamente significativa cuando el valor de p fue menor de 0,05.

3.4.2.2. Análisis de frecuencias

Se calcularon frecuencias absolutas y relativas (porcentajes) para describir la distribución de la presencia de lesiones tendinosas, los tipos de lesión, los grados de severidad, los tendones evaluados y los años en competencia de los caballos de carrera. Los resultados fueron organizados y presentados mediante tablas de distribución de frecuencias, facilitando la interpretación de la información y el cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Frecuencia general de las lesiones tendinosas y su distribución según el tendón evaluado.

Con el propósito de conocer la presentación general de las lesiones tendinosas en los caballos de carrera incluidos en el estudio, se realizó una evaluación ultrasonográfica de los tendones flexor digital profundo (TFDP), flexor digital superficial (TFDS) y extensor digital común (TEDC) de ambos miembros anteriores. Inicialmente se determinó la frecuencia general de caballos que presentaron al menos una lesión tendinosa y, posteriormente, se estableció la distribución de dichas lesiones según el tendón evaluado, considerando el total de evaluaciones realizadas para cada estructura anatómica.

Tabla 2. Frecuencia general de caballos con lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía

Presencia de lesión tendinosa	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Con lesión	30	100,0
Sin lesión	0	0,0
Total	**30**	**100,0**

La Tabla 2 muestra la frecuencia general de lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía en los caballos de carrera evaluados. Del total de 30 animales examinados, la totalidad (100,0%) presentó al menos una lesión en alguno de los tendones evaluados de los miembros anteriores, mientras que no se registraron caballos libres de alteraciones tendinosas durante la evaluación ecográfica.

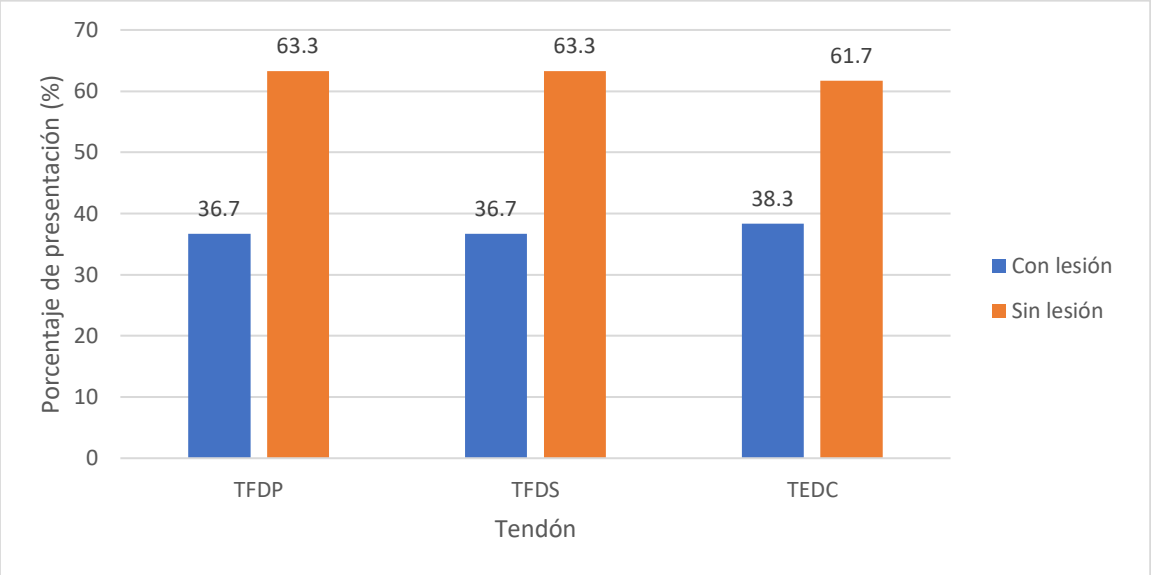
La evaluación ultrasonográfica permitió identificar lesiones tendinosas en la totalidad de los caballos de carrera incluidos en el estudio, registrándose al menos una alteración ecográfica en alguno de los tendones examinados de los miembros anteriores.

Tabla 3. Distribución de las lesiones según el tendón evaluado

Tendón evaluado	Con lesión n (%)	Sin lesión n (%)	Total
TFDP	22 (36,7)	38 (63,3)	60
TFDS	22 (36,7)	38 (63,3)	60
TEDC	23 (38,3)	37 (61,7)	60
Total	**67 (37,2)**	**113 (62,8)**	**180**

La Tabla 3 presenta la frecuencia de lesiones tendinosas según el tendón evaluado. De las 180 evaluaciones ultrasonográficas realizadas en los miembros anteriores, se identificaron 67 lesiones, lo que representa una frecuencia general del 37,2%. El tendón extensor digital común (TEDC) registró la mayor frecuencia de lesiones, con 23 casos (38,3%), seguido del tendón flexor digital profundo (TFDP) y del tendón flexor digital superficial (TFDS), ambos con 22 lesiones (36,7%).

Figura 4. Frecuencia relativa de la presencia de lesiones según el tendón evaluado



El presente estudio evidenció que la totalidad de los caballos de carrera evaluados presentó al menos una lesión tendinosa detectada mediante ultrasonografía en alguno de los tendones de los miembros anteriores. Asimismo, la distribución de las lesiones fue semejante entre las tres estructuras anatómicas examinadas, registrándose una frecuencia ligeramente mayor en el tendón extensor digital común (38,3%), seguido del tendón flexor digital profundo y del tendón flexor digital superficial, ambos con 36,7%. Estos resultados ponen de manifiesto la elevada frecuencia de alteraciones tendinosas presentes en la población evaluada y resaltan la utilidad de la ultrasonografía como herramienta diagnóstica para identificar cambios estructurales, incluso en lesiones que podrían pasar inadvertidas durante el examen clínico convencional.

Los hallazgos obtenidos difieren parcialmente de los reportados por Avella et al. (39), quienes, al evaluar ultrasonográficamente 263 caballos de carreras National Hunt durante dos temporadas de entrenamiento, encontraron una prevalencia de tendinopatía del tendón flexor digital superficial del 24%. Además, estos autores observaron que los caballos de

mayor edad presentaban una mayor frecuencia de lesiones tendinosas y un mayor riesgo de desarrollar lesiones agudas posteriores. La diferencia con el presente estudio probablemente obedece a las características de la población evaluada, al tamaño muestral y al diseño metodológico empleado, ya que en la investigación de Avella et al. únicamente se evaluó el tendón flexor digital superficial como parte de un programa de seguimiento periódico, mientras que en el presente trabajo se examinó de forma sistemática el tendón flexor digital profundo, el tendón flexor digital superficial y el tendón extensor digital común de ambos miembros anteriores mediante ultrasonografía.

En relación con la distribución de las lesiones entre los tendones evaluados, el tendón extensor digital común presentó una frecuencia discretamente superior respecto a los tendones flexores. Si bien esta diferencia fue pequeña y no permite afirmar una mayor predisposición lesional de dicha estructura, sí refleja que los tres tendones estuvieron expuestos a un importante nivel de exigencia funcional. Baxter (2) señala que durante la locomoción de alta velocidad los miembros anteriores soportan aproximadamente el 60 % del peso corporal del caballo, mientras que Reef (26) describe que las fuerzas repetitivas de tensión, compresión y estiramiento generadas durante el entrenamiento favorecen la aparición de microlesiones acumulativas en el tejido tendinoso. De manera complementaria, Whitcomb (31) indica que muchas de estas alteraciones estructurales pueden identificarse mediante ultrasonografía antes de que se manifiesten signos clínicos evidentes, lo que explica la elevada sensibilidad de esta técnica para detectar lesiones en caballos sometidos a actividad deportiva continua.

De forma similar, Alzola et al. (40), al validar un sistema de clasificación ecográfica para lesiones del tendón flexor digital superficial en caballos Pura Sangre de Carrera, destacaron que la ultrasonografía constituye un método reproducible y confiable para valorar la magnitud del daño tendinoso, permitiendo identificar alteraciones en la ecogenicidad, el patrón fibrilar y el área transversal del tendón con adecuada concordancia entre evaluadores. Estos resultados respaldan el empleo de la evaluación ultrasonográfica como procedimiento diagnóstico en investigaciones orientadas a caracterizar lesiones tendinosas en caballos atletas.

4.2. Determinación la frecuencia de los tipos de lesiones detectadas mediante ultrasonografía en el tendón flexor digital profundo, tendón flexor digital superficial y tendón extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carreras.

Para caracterizar las lesiones tendinosas identificadas durante la evaluación ultrasonográfica, se analizó la frecuencia de los diferentes tipos de lesiones observadas en cada uno de los tendones examinados de los miembros anteriores. Para ello, las alteraciones ecográficas fueron clasificadas en tendinitis, desgarro, ruptura parcial y ruptura completa, además de registrarse los tendones que no presentaron lesiones, permitiendo establecer la distribución de cada diagnóstico según el tendón evaluado.

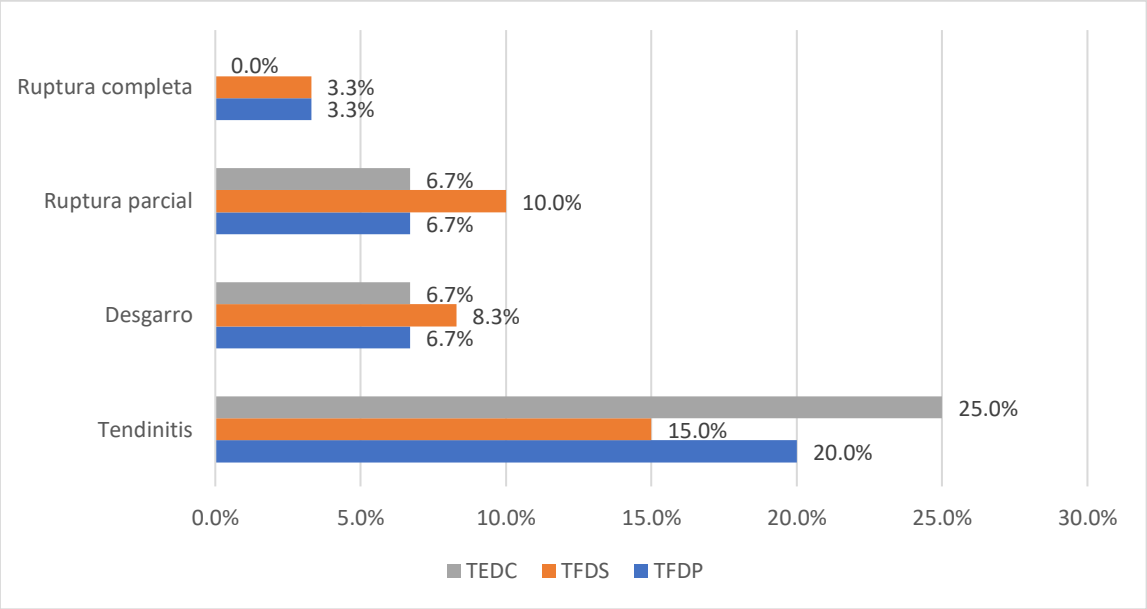
Tabla 4. Frecuencia de los tipos de lesiones detectadas mediante ultrasonografía según el tendón evaluado

Tipo de lesión	TFDP n (%)	TFDS n (%)	TEDC n (%)	Total n (%)
Sin lesión	38 (63,3)	38 (63,3)	37 (61,7)	113 (62,8)
Tendinitis	12 (20,0)	9 (15,0)	15 (25,0)	36 (20,0)
Desgarro	4 (6,7)	5 (8,3)	4 (6,7)	13 (7,2)
Ruptura parcial	4 (6,7)	6 (10,0)	4 (6,7)	14 (7,8)
Ruptura completa	2 (3,3)	2 (3,3)	0 (0,0)	4 (2,2)
Total	**60 (100,0)**	**60 (100,0)**	**60 (100,0)**	**180 (100,0)**

La Tabla 4 presenta la frecuencia de los diferentes tipos de lesiones identificadas mediante ultrasonografía en los tendones evaluados. Del total de 180 evaluaciones realizadas, 113 (62,8%) no evidenciaron lesiones, mientras que 67 (37,2%) presentaron algún tipo de alteración tendinosa. Entre las lesiones diagnosticadas, la tendinitis fue la más frecuente, con 36 casos (20,0%), seguida por la ruptura parcial, con 14 casos (7,8%), y el desgarro, con 13 casos (7,2%). La ruptura completa fue la lesión menos frecuente, registrándose únicamente cuatro casos (2,2%).

Al analizar la distribución por tendón, se observó que la tendinitis predominó en el tendón extensor digital común (TEDC), donde se identificaron 15 casos (25,0%), mientras que en el tendón flexor digital profundo (TFDP) y el tendón flexor digital superficial (TFDS) se registraron 12 (20,0%) y 9 casos (15,0%), respectivamente. Por otro lado, la ruptura parcial fue ligeramente más frecuente en el TFDS (10,0%) que en el TFDP y el TEDC (6,7% en ambos). Asimismo, la ruptura completa solo se presentó en los tendones flexor digital profundo y flexor digital superficial, con dos casos (3,3%) en cada uno, sin registrarse este tipo de lesión en el tendón extensor digital común.

Figura 5. Frecuencia relativa de las lesiones identificadas mediante ultrasonografía en los equinos evaluados



El presente estudio evidenció que la tendinitis constituyó el tipo de lesión tendinosa más frecuente (37,3%), seguida por la ruptura parcial (29,9%), el desgarro (25,4%) y, finalmente, la ruptura completa (7,5%). Esta distribución sugiere que la mayoría de las alteraciones detectadas mediante ultrasonografía correspondieron a lesiones inflamatorias o a daños estructurales de moderada magnitud, mientras que las lesiones con pérdida total de la continuidad fibrilar fueron poco frecuentes. Desde el punto de vista clínico, estos resultados indican que una proporción importante de los caballos evaluados fue examinada en etapas donde el proceso lesional aún no había evolucionado hacia lesiones irreversibles, resaltando el valor de la ultrasonografía para el diagnóstico temprano de las tendinopatías.

Los resultados obtenidos coinciden con lo descrito por Smith et al (41), quienes señalan que la tendinitis representa la lesión tendinosa más frecuente en caballos atletas, debido a que el tejido tendinoso está sometido a cargas repetitivas que originan microdaños acumulativos en las fibras de colágeno antes de producir rupturas extensas. De forma similar, Reef (26) indica que las primeras alteraciones ultrasonográficas suelen corresponder a áreas de disminución de la ecogenicidad y pérdida parcial de la alineación fibrilar, hallazgos compatibles con procesos inflamatorios y degenerativos iniciales que, si no son tratados oportunamente, pueden progresar hacia desgarros o rupturas parciales.

La mayor frecuencia de tendinitis observada en el presente estudio también puede explicarse por la fisiopatología de las lesiones tendinosas inducidas por sobrecarga mecánica. Baxter (2) describe que durante el entrenamiento y la competencia los tendones de los miembros anteriores experimentan ciclos repetidos de tensión y relajación que generan fatiga del colágeno tipo I, alteración de la matriz extracelular y respuesta inflamatoria local. Cuando estos microdaños superan la capacidad de reparación del tendón, se produce una desorganización progresiva de las fibras de colágeno que favorece la aparición de lesiones estructuralmente más complejas, como desgarros y rupturas parciales.

Respecto a las rupturas parciales, estas representaron el segundo tipo de lesión más frecuente en la población evaluada (29,9%). Este hallazgo concuerda con lo reportado por Genovese et al. (29), quienes describieron que las rupturas parciales constituyen una de las lesiones más comunes identificadas mediante ultrasonografía en caballos de alto rendimiento, caracterizándose por áreas focales hipoecoicas, pérdida de continuidad fibrilar y alteración de la arquitectura tendinosa. Asimismo, Whitcomb (31) señala que la ultrasonografía permite diferenciar con precisión las rupturas parciales de las rupturas completas, aspecto relevante para establecer el pronóstico deportivo y planificar el tratamiento y la rehabilitación.

En contraste, las rupturas completas fueron las lesiones menos frecuentes (7,5%). Este comportamiento resulta esperable, ya que este tipo de lesión suele asociarse a un compromiso estructural severo, acompañado de una marcada incapacidad funcional que generalmente impide la continuidad de la actividad deportiva. Marr (42) menciona que los caballos con rupturas completas presentan un pronóstico deportivo desfavorable y requieren periodos prolongados de recuperación, razón por la cual este tipo de lesión es considerablemente menos frecuente que las tendinitis y las rupturas parciales en poblaciones de caballos en entrenamiento.

La distribución de los diferentes tipos de lesiones observada en el presente estudio refleja la naturaleza progresiva de la tendinopatía equina. Como señalan Reef (26), Baxter (2) y Whitcomb (31), las lesiones tendinosas generalmente evolucionan desde procesos inflamatorios iniciales hacia alteraciones estructurales de mayor gravedad cuando persisten las cargas mecánicas repetitivas y no se instauran medidas terapéuticas oportunas.

4.3. Clasificación de la severidad de las lesiones detectadas mediante ultrasonografía en el TFDP, TFDS y TEDC de los miembros anteriores de caballos de carreras.

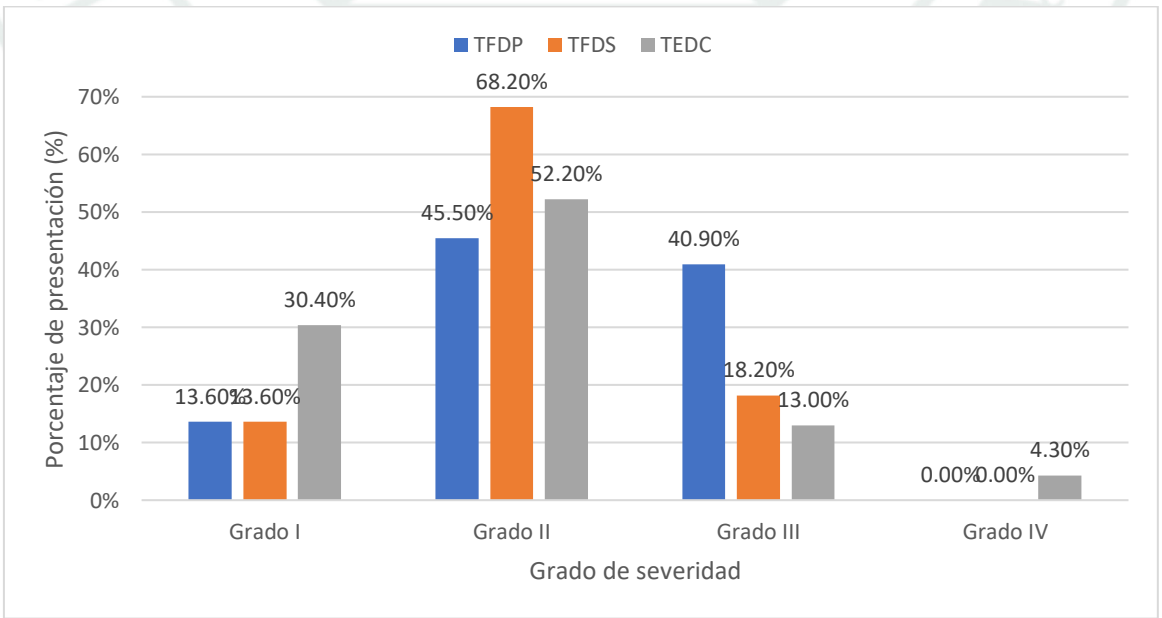
Con la finalidad de establecer el grado de compromiso estructural de las lesiones identificadas mediante ultrasonografía, se clasificó la severidad de cada lesión de acuerdo con la escala ecográfica utilizada en el estudio.

Tabla 5. Clasificación de la severidad de las lesiones tendinosas según el tendón evaluado

Grado de severidad	TFDP n (%)	TFDS n (%)	TEDC n (%)	Total n (%)
Grado I	3 (13,6)	3 (13,6)	7 (30,4)	13 (19,4)
Grado II	10 (45,5)	15 (68,2)	12 (52,2)	37 (55,2)
Grado III	9 (40,9)	4 (18,2)	3 (13,0)	16 (23,9)
Grado IV	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (4,3)	1 (1,5)
Total de lesiones	**22 (100,0)**	**22 (100,0)**	**23 (100,0)**	**67 (100,0)**

La Tabla 5 presenta la distribución de la severidad de las lesiones tendinosas identificadas mediante ultrasonografía en los tendones evaluados. Del total de 67 lesiones registradas, las clasificadas como Grado II fueron las más frecuentes, alcanzando 37 casos (55,2%), seguidas por las lesiones de Grado III, con 16 casos (23,9%), y las de Grado I, con 13 casos (19,4%). En contraste, las lesiones de Grado IV se presentaron únicamente en un caso (1,5%), constituyendo el menor porcentaje de los grados de severidad observados.

Figura 6. Frecuencia relativa del grado de severidad de las lesiones identificadas en los tendones evaluados



Al evaluar la severidad según el tendón afectado, se observó un comportamiento similar en las tres estructuras examinadas, predominando las lesiones de Grado II, somo se identifica en la figura 6. En el tendón flexor digital profundo (TFDP) este grado representó el 45,5% de las lesiones, seguido por las lesiones de Grado III (40,9%) y Grado I (13,6%). En el tendón flexor digital superficial (TFDS) también predominó el Grado II, concentrando más de dos tercios de las lesiones registradas (68,2%), mientras que los grados III y I representaron el 18,2% y 13,6%, respectivamente.

En el tendón extensor digital común (TEDC) igualmente se observó un predominio de lesiones de Grado II (52,2%), seguido del Grado I (30,4%) y del Grado III (13,0%). Solo se registró una lesión clasificada como Grado IV, equivalente al 4,3% de las lesiones diagnosticadas en este tendón.

Las lesiones de Grado II constituyeron el grado de severidad predominante en los tres tendones evaluados, mientras que las lesiones de mayor compromiso estructural (Grado IV) fueron poco frecuentes.

En el presente estudio, la clasificación ecográfica de la severidad evidenció un predominio de las lesiones de Grado II, seguidas por las de Grado III, mientras que las lesiones Grado IV fueron menos frecuentes y las Grado I representaron la menor proporción de los casos evaluados. Este comportamiento indica que la mayoría de las lesiones detectadas correspondieron a un compromiso estructural de moderada intensidad, caracterizado por alteraciones importantes de la ecogenicidad y del patrón fibrilar, aunque sin llegar a una pérdida completa de la arquitectura tendinosa. Desde el punto de vista clínico, estos hallazgos sugieren que gran parte de los caballos fue evaluada cuando las lesiones ya habían superado la fase inicial de inflamación, pero aún conservaban posibilidades de recuperación funcional mediante un tratamiento y un programa de rehabilitación adecuados.

Los resultados obtenidos son concordantes con la descripción realizada por Genovese et al. (29), quienes desarrollaron uno de los primeros sistemas estandarizados de clasificación ecográfica de las lesiones tendinosas en caballos. Estos autores señalaron que las lesiones de severidad intermedia constituyen el hallazgo más frecuente en animales sometidos a entrenamiento continuo, debido a que representan la evolución natural de los procesos inflamatorios iniciales cuando persiste la exposición a cargas mecánicas repetitivas. Asimismo, indicaron que la valoración de la ecogenicidad, la alineación de las fibras de

colágeno y el porcentaje del área transversal comprometida permite establecer con mayor precisión el grado de daño estructural y orientar el pronóstico deportivo.

En relación con la interpretación clínica de la severidad, Reef (26) destaca que la evaluación ultrasonográfica no debe limitarse a confirmar la presencia de una lesión, sino que debe determinar objetivamente la magnitud del compromiso del tendón mediante el análisis de la ecogenicidad, la organización fibrilar y la extensión longitudinal de la lesión. De acuerdo con este autor, las lesiones de Grado II y Grado III representan un deterioro importante de la arquitectura tendinosa, asociado con una disminución significativa de la resistencia mecánica del tejido y un mayor riesgo de recidiva si el caballo retorna prematuramente a la actividad deportiva. Esta apreciación coincide con los resultados del presente estudio, donde las lesiones de severidad intermedia fueron las más frecuentes.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la distribución observada puede explicarse por la evolución progresiva de la tendinopatía inducida por sobrecarga. Baxter (2) señala que las cargas repetitivas generadas durante el entrenamiento producen inicialmente microlesiones en las fibras de colágeno, las cuales desencadenan una respuesta inflamatoria local. Cuando el tejido no dispone del tiempo suficiente para completar su reparación, estas alteraciones progresan hacia una pérdida parcial de la organización fibrilar y un incremento del área lesionada, originando lesiones de mayor severidad. Este proceso explica por qué las lesiones moderadas fueron más frecuentes que las leves en la población estudiada, reflejando la exposición continua de los caballos a las exigencias propias de la actividad deportiva.

Las lesiones de Grado IV fueron las menos frecuentes, lo que resulta consistente con lo descrito por Whitcomb (31), quien indica que los casos con compromiso estructural muy severo suelen asociarse con una pérdida importante de la continuidad fibrilar, extensas áreas hipoecoicas o anecoicas y un pronóstico deportivo reservado. Según este autor, este tipo de lesiones suele requerir periodos prolongados de rehabilitación y presenta una elevada probabilidad de recidiva debido a que el tejido cicatricial formado posee propiedades biomecánicas inferiores a las del tendón sano. En consecuencia, la baja frecuencia de lesiones Grado IV observada en el presente estudio podría indicar que la mayoría de los caballos aún no había alcanzado las fases más avanzadas del proceso degenerativo al momento de la evaluación.

De forma complementaria, Alzola et al. (40) demostraron que los sistemas de graduación ecográfica presentan una adecuada reproducibilidad entre evaluadores cuando se aplican protocolos estandarizados de exploración, lo que respalda la confiabilidad de la clasificación utilizada en la presente investigación. Estos autores enfatizan que la asignación del grado de severidad constituye un elemento básico para establecer el pronóstico, monitorizar la respuesta al tratamiento y definir el momento más apropiado para el retorno del caballo a la actividad competitiva.

El análisis de la severidad según el tendón evaluado permitió identificar diferencias en el comportamiento de las lesiones entre las estructuras anatómicas examinadas. En el tendón flexor digital profundo (TFDP) predominó el Grado II, mientras que en el tendón flexor digital superficial (TFDS) se observó una mayor proporción de lesiones Grado III. Por su parte, el tendón extensor digital común (TEDC) presentó una distribución más heterogénea, con predominio de lesiones Grado II, aunque también se registraron lesiones Grado IV. Estas diferencias probablemente reflejan las funciones biomecánicas particulares de cada tendón durante la locomoción. Baxter (31) señala que el TFDS constituye el principal componente del aparato de almacenamiento de energía elástica del miembro anterior y soporta elevados niveles de deformación durante el galope, lo que favorece la progresión hacia lesiones de mayor compromiso estructural cuando las cargas repetitivas exceden la capacidad de adaptación del tejido. En contraste, Reef (26) indica que los cambios ecográficos de severidad moderada representan una etapa frecuente en la evolución de las tendinopatías y suelen corresponder a lesiones que conservan parte de la organización fibrilar. Estos hallazgos permiten inferir que la distribución de la severidad observada en el presente estudio no solo depende de la magnitud de la lesión, sino también de las características funcionales y biomecánicas propias de cada tendón, información que resulta de utilidad para establecer el pronóstico y orientar los programas de rehabilitación de los caballos de carrera.

4.4. Distribución de la severidad de las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía según los años en competencia de los caballos de carrera

Con la finalidad de describir el comportamiento de la severidad de las lesiones tendinosas en relación con la trayectoria deportiva de los caballos evaluados, se analizó la distribución de los diferentes grados de severidad según los años en competencia. Este análisis permitió identificar cómo se distribuyeron las lesiones leves, moderadas y severas en cada grupo de animales, proporcionando una visión descriptiva del compromiso estructural observado en función del tiempo de participación en competencias hípicas.

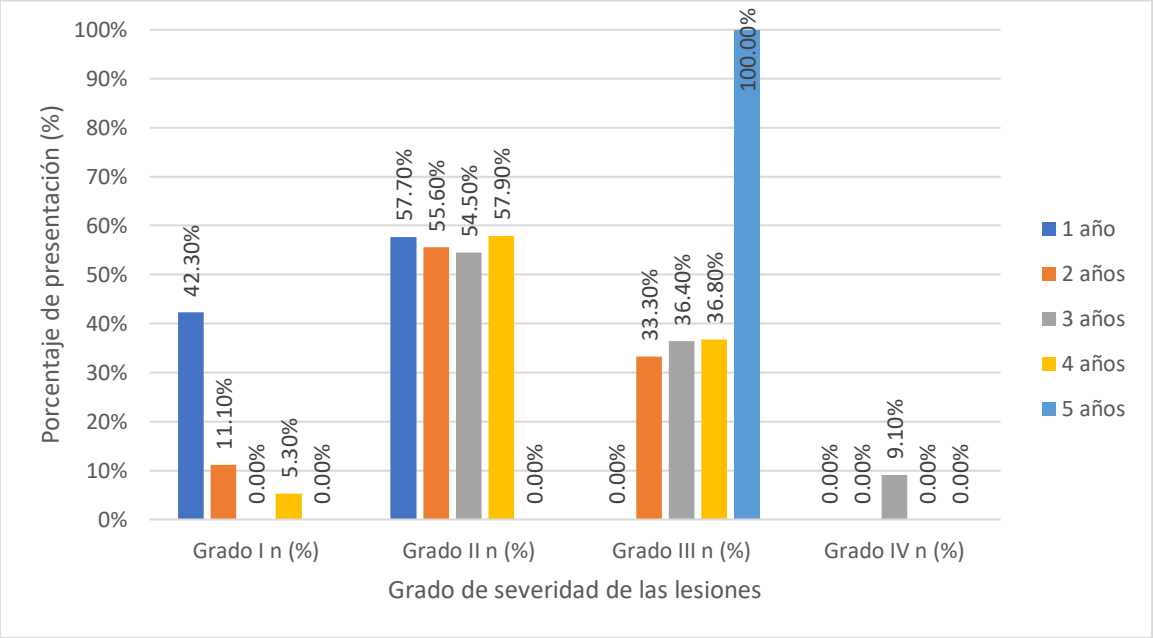
Tabla 6. Distribución de la severidad de las lesiones tendinosas según los años en competencia de los caballos de carrera

Años en competencia	Grado I n (%)	Grado II n (%)	Grado III n (%)	Grado IV n (%)	Total de lesiones n (%)
1 año	11 (42,3)	15 (57,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	26 (100,0)
2 años	1 (11,1)	5 (55,6)	3 (33,3)	0 (0,0)	9 (100,0)
3 años	0 (0,0)	6 (54,5)	4 (36,4)	1 (9,1)	11 (100,0)
4 años	1 (5,3)	11 (57,9)	7 (36,8)	0 (0,0)	19 (100,0)
5 años	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (100,0)	0 (0,0)	2 (100,0)
Total	**13 (19,4)**	**37 (55,2)**	**16 (23,9)**	**1 (1,5)**	**67 (100,0)**
		ρ = 0,507;	**p = 0,001**		

La Tabla 6 muestra la distribución de la severidad de las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía según los años en competencia de los caballos evaluados. En términos generales, las lesiones clasificadas como Grado II fueron las más frecuentes en la población de estudio, representando el 55,2% del total de lesiones registradas, seguidas por las lesiones de Grado III (23,9%) y Grado I (19,4%). Solo se identificó una lesión de Grado IV, correspondiente al 1,5% del total.

Al analizar la severidad de las lesiones de acuerdo con los años en competencia, se observó que los caballos con un año de participación deportiva presentaron exclusivamente lesiones de Grado I (42,3%) y Grado II (57,7%), sin registrarse lesiones de mayor severidad. En los animales con dos años de competencia continuó predominando el Grado II (55,6%), aunque ya se evidenciaron lesiones de Grado III (33,3%). De manera similar, los caballos con tres años de competencia mostraron un predominio de lesiones de Grado II (54,5%), acompañadas de lesiones de Grado III (36,4%) y el único caso de Grado IV observado en el estudio (9,1%).

Figura 7. Frecuencia relativa del grado de severidad de las lesiones según los años en competencia de los equinos evaluados



En los caballos con cuatro años de competencia también predominaron las lesiones de Grado II (57,9%), seguidas por las de Grado III (36,8%), mientras que únicamente se registró una lesión de Grado I (5,3%). Finalmente, el único caballo con cinco años en competencia presentó dos lesiones, ambas clasificadas como Grado III.

Se evaluó la relación entre los años en competencia y la severidad máxima de las lesiones tendinosas mediante la prueba de correlación de Spearman. Se encontró una correlación positiva moderadamente fuerte y estadísticamente significativa ($\rho = 0,507$; $p = 0,001$), lo que indica que la severidad de las lesiones tendió a incrementarse conforme aumentaron los años en competencia de los caballos evaluados.

El presente estudio evidenció que la frecuencia de lesiones tendinosas tendió a incrementarse conforme aumentaban los años en competencia de los caballos de carrera. Aunque las lesiones estuvieron presentes en animales con diferente tiempo de actividad deportiva, los caballos con cuatro y cinco años de competencia concentraron una mayor proporción de lesiones de moderada y alta severidad. Este comportamiento fue respaldado por el análisis de correlación de Spearman, el cual mostró una correlación positiva de magnitud moderada entre los años en competencia y la severidad de las lesiones tendinosas ($\rho = 0,507$; $p = 0,001$), indicando que, a medida que aumenta la permanencia del caballo en la actividad competitiva, también tiende a incrementarse el grado de compromiso estructural de los tendones evaluados.

Estos resultados son concordantes con los hallazgos de Avella et al. (39), quienes, tras realizar el seguimiento ultrasonográfico de caballos de carreras National Hunt, observaron que los animales de mayor edad deportiva presentaban una mayor frecuencia de tendinopatías del tendón flexor digital superficial y un riesgo significativamente superior de desarrollar nuevas lesiones durante el entrenamiento y la competencia. Los autores atribuyeron este comportamiento a la acumulación progresiva de microdaños ocasionados por la exposición repetida a cargas mecánicas de alta intensidad, fenómeno que también podría explicar la tendencia observada en la presente investigación.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la relación encontrada entre los años en competencia y la severidad de las lesiones resulta coherente con el proceso de adaptación y degeneración progresiva del tejido tendinoso. Baxter (2) describe que los tendones de los caballos atletas están sometidos diariamente a ciclos repetitivos de tensión, compresión y almacenamiento de energía elástica. Aunque el tendón posee una importante capacidad para soportar estas cargas, la repetición continua de esfuerzos durante largos periodos favorece la acumulación de microlesiones en las fibras de colágeno, alteraciones de la matriz extracelular y disminución de las propiedades biomecánicas del tejido. Cuando el proceso de reparación no logra compensar el daño acumulado, las lesiones evolucionan progresivamente hacia grados de mayor severidad.

De manera complementaria, Reef (26) señala que la ultrasonografía permite documentar objetivamente esta progresión mediante la valoración seriada de la ecogenicidad, la organización fibrilar y el porcentaje del área transversal comprometida. Según este autor, el seguimiento ecográfico periódico constituye una herramienta cardinal para identificar lesiones que inicialmente pueden pasar desapercibidas durante la exploración clínica, permitiendo intervenir antes de que evolucionen hacia lesiones de peor pronóstico. En este sentido, la correlación positiva observada en el presente estudio refuerza la importancia de incorporar evaluaciones ultrasonográficas sistemáticas en caballos con mayor trayectoria deportiva.

Por otra parte, Whitcomb (31) destaca que la severidad de las lesiones tendinosas no depende exclusivamente del tiempo de actividad deportiva, sino también de factores como la intensidad del entrenamiento, la frecuencia de competencia, la superficie de trabajo, el manejo del caballo y los periodos de recuperación entre ejercicios. Esta apreciación resulta importante para interpretar los resultados del presente estudio, ya que, si bien se encontró

una asociación estadísticamente significativa entre los años en competencia y la severidad de las lesiones, es probable que otros factores no evaluados también hayan influido en la magnitud del daño tendinoso observado.

Los hallazgos identificados permiten considerar los años en competencia como un indicador de riesgo para la aparición de lesiones tendinosas de mayor severidad en caballos de carrera. Si bien la correlación encontrada fue de magnitud moderada, su significancia estadística demuestra que la permanencia prolongada en la actividad competitiva constituye un factor estrechamente relacionado con el deterioro progresivo del tejido tendinoso.

CONCLUSIONES

PRIMERA:

Se determinó que el 100,0% de los caballos de carrera evaluados presentó al menos una lesión tendinosa detectada mediante ultrasonografía en los miembros anteriores. Asimismo, se identificaron 67 lesiones en un total de 180 evaluaciones ultrasonográficas, correspondiendo la mayor frecuencia al tendón extensor digital común (38,3%), seguido del tendón flexor digital profundo (36,7%) y del tendón flexor digital superficial (36,7%).

SEGUNDA:

Se determinó que la tendinitis fue el tipo de lesión tendinosa más frecuente (37,3%), seguida por la ruptura parcial (29,9%), el desgarro (25,4%) y la ruptura completa (7,5%). Además, el tendón flexor digital profundo presentó principalmente casos de tendinitis, mientras que en el tendón flexor digital superficial predominó la ruptura parcial y en el tendón extensor digital común se observó una mayor frecuencia de tendinitis.

TERCERA:

Se clasificó la severidad de las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía, observándose un predominio de las lesiones de Grado II, seguidas por las de Grado III, mientras que las lesiones Grado IV fueron las menos frecuentes. Estos resultados evidenciaron que la mayoría de las alteraciones tendinosas presentó un compromiso estructural moderado al momento de la evaluación ecográfica.

CUARTA:

Se determinó que los caballos con mayor tiempo de actividad deportiva presentaron una mayor frecuencia de lesiones tendinosas de moderada y alta severidad. Se evidenció estadísticamente que el incremento de los años en competencia se asocia con un mayor grado de compromiso estructural de los tendones evaluados.

RECOMENDACIONES

1) Al Hipódromo de Arequipa y a los médicos veterinarios responsables de la atención de los caballos de carrera, se recomienda incorporar evaluaciones ultrasonográficas periódicas de los tendones de los miembros anteriores una semana antes de cada competencia como parte de los programas rutinarios de medicina deportiva, con el propósito de detectar lesiones en etapas tempranas y establecer oportunamente medidas terapéuticas y de rehabilitación.

2) A los entrenadores y preparadores de caballos de carrera, se recomienda planificar las cargas de entrenamiento de acuerdo con la condición física y el historial clínico de cada animal, procurando incluir periodos adecuados de recuperación que contribuyan a disminuir la sobrecarga mecánica y el riesgo de lesiones tendinosas.

3) Complementar la evaluación clínica de los caballos con estudios ultrasonográficos, aun en ausencia de signos evidentes de claudicación, debido a que esta técnica permite identificar alteraciones estructurales tempranas que podrían pasar desapercibidas durante el examen físico convencional.

4) Realizar un seguimiento continuo de los animales con mayor tiempo en competencia, considerando que en el presente estudio se evidenció una asociación entre los años de actividad deportiva y un mayor grado de severidad de las lesiones tendinosas.

5) Continuar el estudio de las lesiones tendinosas mediante ultrasonografía, incorporando evaluaciones longitudinales que permitan monitorear la evolución de las lesiones durante el tratamiento y la rehabilitación, así como valorar el retorno a la actividad deportiva y el pronóstico funcional de los caballos.

6) A los dueños de cada caballo de carrera se recomienda que el jinete no sobrepase el peso promedio de los 50kg, además de debe tener un registro del peso del animal y asi evitar una lesión por un mal manejo al momento de la competencia.

REFERENCIAS

1. Hinchcliff K, Kaneps A, Geor R. Equine Sports Medicine and Surgery. segunda ed. Elsevier , editor. Edinburgh; 2014.

2. Baxter G. Principles of musculoskeletal disease.. Septima ed. Horses AaSLi, editor. Hoboken: Wiley Blackwell; 2020.

3. Pfau TWR, Wilson A. External mechanical work in the galloping racehorse. Proc Biol Sci. 2019; 286(1).

4. Pandy M, Stover S. Relationship between muscle forces, joint loading and utilization of elastic strain energy in equine locomotion. J Exp Biol. 2010; 213(23).

5. Voegele A. Equine tendon mechanical behaviour: prospects for repair and regeneration applications. Vet Med Sci. 2022; 9(5).

6. Swanstrom M, Zarucco L, Hubbard M, Stover S. Musculoskeletal modeling and dynamic simulation of the Thoroughbred equine forelimb during stance phase of the gallop. J Biomech Eng. 2005; 127(2).

7. Deuel N. Coordination of equine forelimb motion during the gallop. Equine Vet J Suppl. 1994; 17(1).

8. Wilson A. Ground reaction forces of overground galloping in ridden Thoroughbred racehorses. Nature. 2019; 6(1).

9. Weishaupt MWT, Hogg HJP, Auer J. Compensatory load redistribution of horses with induced weight-bearing forelimb lameness trotting on a treadmill. Vet J. 2006; 171(1).

10. Biewener A. Muscle-tendon stresses and elastic energy storage during locomotion in the horse. Comp Biochem Physiol B. 1998; 120(1).

11. Sushmitha D. Equine Tendons and Ligaments: Structure, Extracellular Matrix Composition, and Cellular Morphology. Sciense Direct. 2025 Agosto; 41(2).

12. Budras K, Sack W, Röck S. Anatomy of the Horse. Septima ed. Schlütersche , editor. Hannover; 2021.

13. Dyce K, Sack WWC. Textbook of Veterinary Anatomy. Quinta ed. Elsevier SL, editor.; 2017.

14. Asistencia clinica en equinos. Facebook. [Online].; 2022 [cited 2026 Junio 3. Available from: https://web.facebook.com/100046448876339/posts/anatom%C3%ADa-del-pie-del-caballo-relaci%C3%B3n-de-tendones-ligamentos-y-huesos-%EF%B8%8F%EF%B8%8Fasistenc/3171982576349304/?_rdc=1&_rdr#.

15. O'Brien C, Birch H. Microdamage in the equine superficial digital flexor tendon. Equine Vet J. 2021; 53(3).

16. Smith R. Diagnosis and Management of Lameness in the Horse. Segunda ed. Elsevier SL, editor.: Tendon and ligament physiology; 2011.

17. Hosaka Y, Takahashi HUT, Tangkawattana P, Ueda H, Takehana K. Comparative study of the characteristics and properties of tendinocytes derived from three tendons in the equine forelimb. Tissue Cell. 2010; 42(1).

18. Tebache J, Lamontagne M. Tendón normal. EMC - Aparato Locomotor. 2022 Diciembre; 55(4).

19. Kraus-Hansen A, Fackelman G, Becker C, Williams R, FS P. Preliminary studies on the vascular anatomy of the equine superficial digital flexor tendon. Equine Vet J. 1992; 24(1).

20. Thorpe C, Clegg P, Birch H. A review of tendon injury: why is the equine superficial digital flexor tendon most at risk? Equine Vet J. 2010; 42(2).

21. Smith RBH, Batson E, Patterson-Kane J, Goodman S, Cauvin E. A review of the etiopathogenesis, and current proposed strategies for prevention, of superficial digital flexor tendinitis in the horse. Proc Am Assoc Equine Pract. 2000; 46(1).

22. Smith R, Birch H, S G. 23. Smith RKW, Birch HL, GoodmaThe influence of ageing and exercise on tendon growth and degeneration—hypotheses for the initiation and prevention of strain-induced tendinopathies. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol. 2002; 133(4).

23. Dakin SDJ, Smith R. Resolving an inflammatory concept: the importance of inflammation and resolution in tendinopathy. Vet Immunol Immunopathol. 2014; 158(1).

24. Smith R. Treatment of tendinopathies. Equine Vet Educ. 2024; 36(12).

25. Mattoon JNT. Small Animal Diagnostic Ultrasound (Principios físicos del ultrasonido; aplicables a ultrasonografía veterinaria). Cuarta ed. Elsevier L, editor.; 2020.

26. Reef V. Equine Diagnostic Ultrasound. Segunda ed. Elsevier S, editor. Philadelphia; 2014.

27. Connolly S, Baxter G. Ultrasonographic examination of tendons and ligaments. Septima ed. Horses AaSLi, editor. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2020.

28. Padaliya N, Rampariya J, Kummar D. Ultrasonographic assessment of the equine palmar tendons. Vet World. 2015 Febrero; 8(2).

29. Genovese R, Rantanen N, Hauser M, Simpson B. Diagnostic ultrasonography of equine limbs. Vet Clin North Am Equine Pract.. 1986; 2(1).

30. Connolly S, Baxter G. Ultrasonographic examination of tendons and ligaments. Septima ed. Horses AaSLi, editor. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2020.

31. Whitcomb M. Ultrasonography of the equine musculoskeletal system. Vet Clin North Am Equine Pract. 2017; 33(1).

32. Busse N. TÉCNICAS DIAGNÓSTICAS IMAGENOLÓGICAS APLICADAS A AFECCIONES DE LA REGIÓN DEL CARPO EQUINO: UNA REVISIÓN. Memoria de Titulo. Chile: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS ; 2015.

33. Castro A. Evaluación ultrasonográfica de las estructuras internas del dígito equino a través de la técnica transmural del casco: Estudio Piloto. Tesis. Medellín: Universidad de Antioquia , Maestría en Ciencias Veterinarias ; 2022.

34. Ullah A, Bokhari S, Aslam S. CLINICAL AND SONOGRAPHIC FINDINGS IN HORSES AFFECTED WITH CHRONICFLEXOR TENDINOPATHIES AND

ASSOCIATED SOFT TISSUE INJURIES OF VARIOUS JOINTS. Journal of Animal & Plant Sciences. 2022 Junio; 32(1).

35. Mitchell R, DaSilva D, Rosenbaum C. Ultrasound findings in tendons and ligaments of lame sport horses competing or training in South Florida venues during the winter seasons of 2007 through 2016. Equine Veterinary Education. 2020 Junio; 33(6).

36. Parra A, Torres I, Paganela J, Franzan B, Braga G. Ultrasound evaluation of digital flexor tendons of jumping horses undergoing treadmill training. Braz J Vet Med. 2022 Abril; 12(44).

37. Crawford K, Finnane A, Phillips C, Greer R, Woldeyohannes S. The Risk Factors for Musculoskeletal Injuries in Thoroughbred Racehorses in Queensland, Australia: How These Vary for Two-Year-Old and Older Horses and with Type of Injury. Animals (Basel). 2021 Enero; 11(2).

38. Google. Google Maps. [Online]. https://www.google.com/maps/place/Hip%C3%B3dromo+Arequipa/@-16.3636684,-71.5938663,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x9142360a16af28cd:0x31950900cb738278!8m2!3d-16.3636684!4d-71.5912914!16s%2Fg%2F1thxm3wc?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDcyOC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D; 2026 [cited 2026 Junio 8. Available from: https://www.google.com/maps/place/Hip%C3%B3dromo+Arequipa/@-16.3636684,-71.5938663,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x9142360a16af28cd:0x31950900cb738278!8m2!3d-16.3636684!4d-71.5912914!16s%2Fg%2F1thxm3wc?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDcyOC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D.

39. Avella C, Ely E, Verheyen K, Price J, Wood J, Smith R. Ultrasonographic assessment of the superficial digital flexor tendons of National Hunt racehorses in training over two racing seasons. Equine Vet J. 2009 Mayo; 41(5).

40. Alzola RRC, Gardner DFS. Ultrasonographic scoring system for superficial digital flexor tendon injuries in horses: intra- and inter-rater variability. Vet Rec.. 2017 Diciembre; 181(24).

41. Smith R, McIlwraith W, Schweitzer R, Kadler K, Cook J, Caterson B, et al. Advances in the understanding of tendinopathies: a report on the Second Havemeyer Workshop on equine tendon disease. Equine Vet J. 2014 Enero; 46(1).

42. Marr C, Love S, Boyd J, McKellar Q. Factors affecting the clinical outcome of injuries to the superficial digital flexor tendon in National Hunt and point-to-point racehorses. Vet Rec. 1993 Mayo; 132(19).

ANEXOS

Anexo 1. Evidencia fotográfica

Figura 8. Preparación de la zona a evaluar



Figura 9. Acompañamiento de especialista para la evaluación

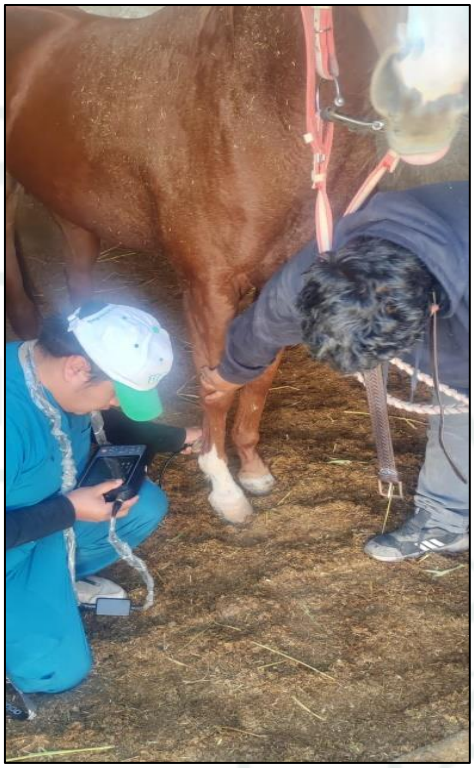


Figura 11. Ecografía del miembro anterior izquierdo



Figura 10. Ecografía del miembro anterior derecho



Anexo 2. Lesiones ecográficas encontradas

Figura 12. Ecografía de equino con tendinitis



Figura 13. Ecografía de equino con presencia de desgarro en tendón

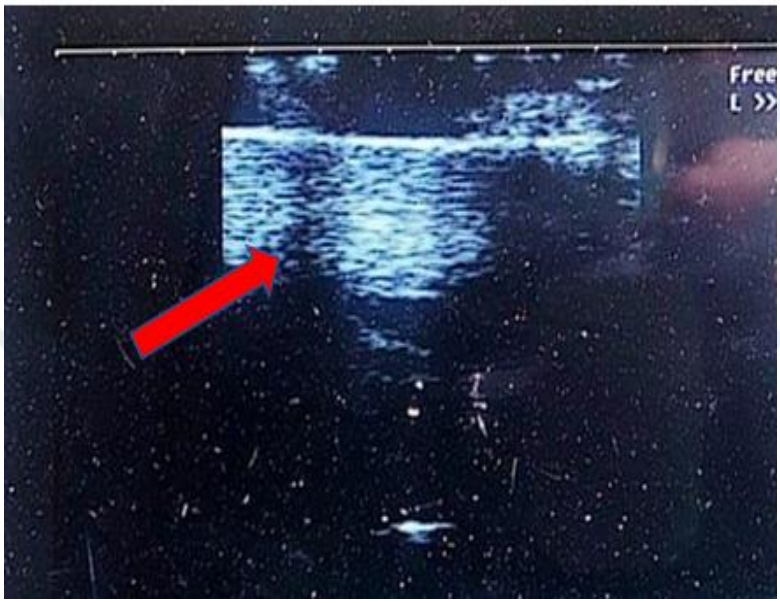
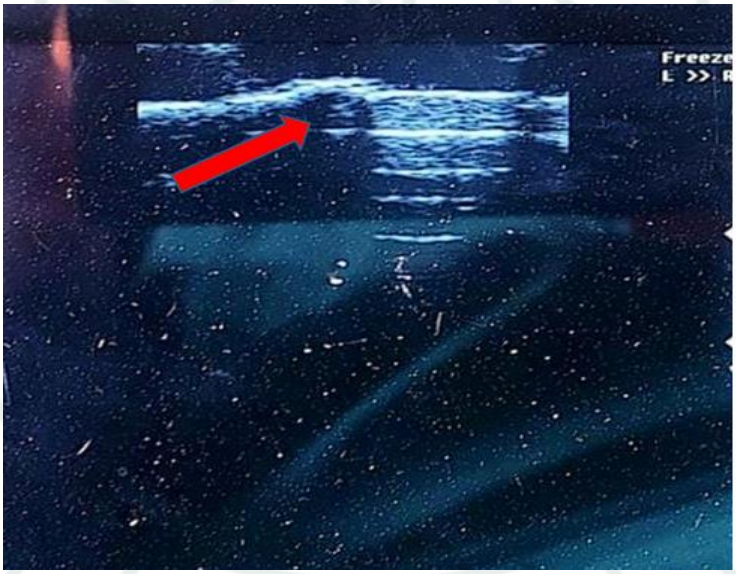


Figura 14. Ecografía de equino con ruptura parcial de tendón



Figura 15. Ecografía de equino con ruptura completa del tendón



Anexo 3. Constancia de universo de estudio

CONSTANCIA DE UNIVERSO ANIMAL

Yo, Abad Julio Rojas, identificado con DNI N.° 47462249, en mi calidad de **Representante del Hipódromo de Arequipa**, hago constar que:

Al momento de la ejecución de la investigación titulada:

"Caracterización de las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía en los tendones flexor digital profundo, tendón flexor digital superficial y tendón extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carrera del Hipódromo de Arequipa, Perú, 2026",

El Hipódromo de Arequipa contaba con un total de sesenta (60) caballos de carrera registrados y en actividad deportiva, los cuales constituyeron la población de estudio considerada para el desarrollo de la presente investigación.

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada, para los fines académicos que estime convenientes.

Arequipa, 7 de mayo de 2026. Julio Rojas

Anexo 4. Registro de campo

REGISTRO DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN ULTRASONOGRÁFICA DE TENDONES EN CABALLOS DE CARRERA

I. Datos generales

Código del caballo: _____

Años en competencia:_____

II. Registro ultrasonográfico

	Tendón evaluado	Tipo de lesión	Otro	Severidad
Izquierdo	**TFDP**	☐ Sin lesión ☐ Tendinitis ☐ Desgarro ☐ Ruptura parcial ☐ Ruptura completa		☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV
	TFDS	☐ Sin lesión ☐ Tendinitis ☐ Desgarro ☐ Ruptura parcial ☐ Ruptura completa		☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV
	EDC	☐ Sin lesión ☐ Tendinitis ☐ Desgarro ☐ Ruptura parcial ☐ Ruptura completa		☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV
Derecho	**TFDP**	☐ Sin lesión ☐ Tendinitis ☐ Desgarro ☐ Ruptura parcial ☐ Ruptura completa		☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV
	TFDS	☐ Sin lesión ☐ Tendinitis ☐ Desgarro ☐ Ruptura parcial ☐ Ruptura completa		☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV
	EDC	☐ Sin lesión ☐ Tendinitis ☐ Desgarro ☐ Ruptura parcial ☐ Ruptura completa		☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV

III. Observaciones

_____

_____

_____

_____

_____

Evaluador: _____

Firma: _____

Anexo 5. Matriz de datos

ID Caballo	Años en competencia	Tendón	Tipo de lesión	Severidad
1	4	1	3	2
	4	2	3	2
	4	3	2	1
	4	4	0	0
	4	5	0	0
	4	6	0	0
2	2	1	0	0
	2	2	0	0
	2	3	0	0
	2	4	1	3
	2	5	0	0
	2	6	2	2
3	1	1	1	1
	1	2	0	0
	1	3	1	2
	1	4	0	0
	1	5	0	0
	1	6	0	0
4	2	1	0	0
	2	2	0	0
	2	3	2	2
	2	4	0	0
	2	5	0	0
	2	6	0	0
5	1	1	1	2
	1	2	1	1
	1	3	0	0
	1	4	0	0
	1	5	0	0
	1	6	0	0
6	1	1	1	1
	1	2	0	0
	1	3	1	1
	1	4	0	0
	1	5	0	0
	1	6	0	0

ID Caballo	Años en competencia	Tendón	Tipo de lesión	Severidad
7	3	1	2	2
	3	2	0	0
	3	3	1	2
	3	4	0	0
	3	5	0	0
	3	6	0	0
8	1	1	0	0
	1	2	0	0
	1	3	0	0
	1	4	1	2
	1	5	0	0
	1	6	1	1
9	2	1	0	0
	2	2	0	0
	2	3	0	0
	2	4	2	2
	2	5	0	0
	2	6	1	1
10	3	1	0	0
	3	2	0	0
	3	3	0	0
	3	4	0	0
	3	5	2	2
	3	6	0	0
11	4	1	0	0
	4	2	2	2
	4	3	2	2
	4	4	0	0
	4	5	0	0
	4	6	0	0
12	5	1	0	0
	5	2	0	0
	5	3	0	0
	5	4	3	3
	5	5	0	0
	5	6	1	3

ID Caballo	Años en competencia	Tendón	Tipo de lesión	Severidad
13	4	1	2	2
	4	2	2	2
	4	3	0	0
	4	4	0	0
	4	5	0	0
	4	6	0	0
14	3	1	0	0
	3	2	0	0
	3	3	0	0
	3	4	3	3
	3	5	3	3
	3	6	1	4
15	4	1	3	3
	4	2	3	3
	4	3	1	3
	4	4	0	0
	4	5	0	0
	4	6	0	0
16	3	1	0	0
	3	2	0	0
	3	3	0	0
	3	4	2	3
	3	5	2	2
	3	6	0	0
17	3	1	0	0
	3	2	0	0
	3	3	0	0
	3	4	1	3
	3	5	3	2
	3	6	3	2
18	4	1	1	3
	4	2	3	2
	4	3	3	2
	4	4	0	0
	4	5	0	0
	4	6	0	0

ID Caballo	Años en competencia	Tendón	Tipo de lesión	Severidad
19	4	1	0	0
	4	2	0	0
	4	3	0	0
	4	4	4	3
	4	5	4	3
	4	6	3	2
20	4	1	4	3
	4	2	4	2
	4	3	3	2
	4	4	0	0
	4	5	0	0
	4	6	0	0
21	2	1	0	0
	2	2	2	2
	2	3	1	2
	2	4	0	0
	2	5	0	0
	2	6	0	0
22	2	1	0	0
	2	2	0	0
	2	3	0	0
	2	4	0	0
	2	5	3	3
	2	6	1	3
23	1	1	0	0
	1	2	1	2
	1	3	0	0
	1	4	0	0
	1	5	0	0
	1	6	0	0
24	1	1	0	0
	1	2	0	0
	1	3	0	0
	1	4	0	0
	1	5	1	2
	1	6	1	2

ID Caballo	Años en competencia	Tendón	Tipo de lesión	Severidad
25	1	1	1	2
	1	2	1	2
	1	3	1	1
	1	4	0	0
	1	5	0	0
	1	6	0	0
26	1	1	0	0
	1	2	1	2
	1	3	1	2
	1	4	0	0
	1	5	0	0
	1	6	0	0
27	1	1	0	0
	1	2	0	0
	1	3	0	0
	1	4	1	2
	1	5	1	2
	1	6	0	0
28	1	1	1	1
	1	2	1	1
	1	3	1	1
	1	4	0	0
	1	5	0	0
	1	6	0	0
29	1	1	1	2
	1	2	1	2
	1	3	0	0
	1	4	0	0
	1	5	0	0
	1	6	0	0
30	1	1	0	0
	1	2	0	0
	1	3	0	0
	1	4	1	2
	1	5	1	1
	1	6	1	1

Anexo 6. Borrador de artículo científico

CARACTERIZACIÓN ULTRASONOGRÁFICA DE LESIONES TENDINOSAS EN CABALLOS DE CARRERA DEL HIPÓDROMO DE AREQUIPA, PERÚ

ULTRASONOGRAPHIC CHARACTERIZATION OF TENDON LESIONS IN RACEHORSES AT THE AREQUIPA RACECOURSE, PERU

Dueñas, F[1]*; Delgado, R[1]

[1]Universidad Católica de Santa María
* Autor correspondiente: fernando.dueñas@estudiante.ucsm.edu.pe

RESUMEN

Las lesiones tendinosas representan una de las principales causas de disminución del rendimiento deportivo y retiro prematuro en caballos de carrera, debido al elevado estrés mecánico al que son sometidos los tendones durante el entrenamiento y la competencia. El objetivo del presente estudio fue caracterizar las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía en los tendones flexor digital profundo, flexor digital superficial y extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carrera del Hipódromo de Arequipa, Perú. Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo-correlacional, con diseño no experimental y de corte transversal. Se evaluaron 30 caballos de carrera mediante ultrasonografía de ambos miembros anteriores utilizando un ecógrafo portátil con transductor lineal. Se registró el tendón evaluado, el tipo de lesión, la severidad y los años en competencia. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y el coeficiente de correlación de Spearman. Los resultados mostraron que el 100,0 % de los caballos presentó al menos una lesión tendinosa. Se identificaron 67 lesiones en 180 evaluaciones ultrasonográficas, correspondiendo la mayor frecuencia al tendón extensor digital común (38,3 %), seguido del tendón flexor digital profundo (36,7 %) y del tendón flexor digital superficial (36,7 %). La tendinitis fue el tipo de lesión más frecuente (37,3 %), seguida de la ruptura parcial (29,9 %), el desgarro (25,4 %) y la ruptura completa (7,5 %). Predominaron las lesiones de Grado II y se encontró una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa entre los años en competencia y la severidad de las lesiones tendinosas ($\rho = 0,507$; $p < 0,001$). Se concluye que las lesiones tendinosas estuvieron presentes en la totalidad de los caballos evaluados, predominando la tendinitis y las lesiones de severidad moderada, además de evidenciarse que un mayor tiempo de permanencia en la actividad competitiva se asoció con una mayor severidad de las lesiones.

Palabras clave: caballos de carrera; lesiones tendinosas; ultrasonografía.

diagnóstico, clasificación de severidad y seguimiento durante la rehabilitación (3,4,5). Sin embargo, en el Perú existe escasa información sobre la presentación de estas lesiones en caballos de carrera evaluados mediante esta técnica diagnóstica.

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue caracterizar las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía en los tendones flexor digital profundo, flexor digital superficial y extensor digital común de los miembros anteriores de caballos de carrera del Hipódromo de Arequipa, Perú, determinando su frecuencia, los tipos de lesión, la severidad y su relación con los años en competencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio: La investigación se realizó en el Hipódromo de Arequipa, ubicado en el distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa, Perú. Las evaluaciones ultrasonográficas se efectuaron durante el año 2026 en caballos de carrera registrados y en actividad deportiva.

Diseño del estudio: Cuantitativo descriptivo-correlacional y no experimental.

Población y muestra: La población estuvo constituida por aproximadamente 100 caballos de carrera registrados en el Hipódromo de Arequipa. La muestra estuvo conformada por 30 caballos seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la disponibilidad de los animales durante el periodo de estudio y el cumplimiento de los criterios establecidos para su evaluación.

Procedimiento: Cada caballo fue sometido a una evaluación ultrasonográfica de ambos miembros anteriores utilizando un ecógrafo portátil equipado con un transductor lineal de alta frecuencia. Se exploraron sistemáticamente el tendón flexor digital profundo, el tendón flexor digital superficial y el tendón extensor digital común de ambos miembros anteriores, siguiendo la metodología de exploración ultrasonográfica descrita para tendones equinos. Durante la evaluación se registró el tendón examinado, la presencia y el tipo de lesión (tendinitis, desgarro, ruptura parcial o ruptura completa), así como la severidad de la lesión, clasificada en cuatro grados (Grado I al Grado IV) de acuerdo con los hallazgos ecográficos observados por el médico veterinario especialista. Asimismo, se registraron los años en competencia de cada caballo mediante la ficha de recolección de datos elaborada para el estudio.

ABSTRACT

Tendon injuries are among the leading causes of reduced athletic performance and premature retirement in racehorses due to the high mechanical stress placed on tendons during training and competition. The aim of this study was to characterize tendon injuries detected by ultrasonography in the deep digital flexor tendon, superficial digital flexor tendon, and common digital extensor tendon of the forelimbs of racehorses from the Arequipa Racetrack, Peru. A quantitative, descriptive-correlational, non-experimental, cross-sectional study was conducted. Thirty racehorses were examined by ultrasonography of both forelimbs using a portable ultrasound unit equipped with a linear transducer. The evaluated tendon, type of injury, injury severity, and years of competition were recorded. Data were analyzed using descriptive statistics and Spearman's rank correlation coefficient. All horses (100.0%) presented at least one tendon injury. A total of 67 injuries were identified in 180 ultrasonographic evaluations. The common digital extensor tendon showed the highest frequency of injuries (38.3%), followed by the deep digital flexor tendon (36.7%) and the superficial digital flexor tendon (36.7%). Tendinitis was the most frequent lesion (37.3%), followed by partial rupture (29.9%), tear (25.4%), and complete rupture (7.5%). Grade II lesions predominated, and a moderate positive statistically significant correlation was found between years of competition and injury severity ($\rho = 0.507$; $p < 0.001$). It is concluded that tendon injuries were present in all evaluated racehorses, with tendinitis and moderate-grade lesions being the most common findings, while longer competitive careers were associated with greater tendon injury severity.

Keywords: racehorses; tendon injuries; ultrasonography.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones tendinosas constituyen una de las principales causas de disminución del rendimiento deportivo y retiro prematuro en caballos de carrera, debido a que los tendones están sometidos a cargas mecánicas repetitivas durante el entrenamiento y la competencia, favoreciendo la aparición de alteraciones estructurales que comprometen su función biomecánica (1,2).

La ultrasonografía es considerada el método de elección para la evaluación de los tendones en medicina deportiva equina, ya que permite identificar de manera no invasiva cambios en la ecogenicidad, el patrón fibrilar y la extensión de las lesiones, facilitando su

Análisis estadístico: Los datos fueron organizados en una base de datos de Microsoft Excel® y posteriormente analizados mediante el programa IBM SPSS Statistics versión 29. Se calcularon frecuencias absolutas y relativas para describir la distribución de las lesiones según el tendón evaluado, el tipo de lesión y la severidad. La relación entre los años en competencia y la severidad de las lesiones se evaluó mediante el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (ρ), con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación ultrasonográfica realizada en los tendones flexor digital profundo (TFDP), flexor digital superficial (TFDS) y extensor digital común (EDC) de ambos miembros anteriores permitió identificar la frecuencia de presentación de las lesiones tendinosas y su distribución según el tendón evaluado. Asimismo, se determinaron los tipos de lesión observados y la severidad de las alteraciones ecográficas detectadas.

Tabla 1. Frecuencia de lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía según el tendón evaluado.

Tendón evaluado	Con lesión n (%)	Sin lesión n (%)	Total
TFDP	22 (36,7)	38 (63,3)	60
TFDS	22 (36,7)	38 (63,3)	60
EDC	23 (38,3)	37 (61,7)	60
Total	**67 (37,2)**	**113 (62,8)**	**180**

En las 180 evaluaciones ultrasonográficas realizadas se identificaron 67 lesiones tendinosas, lo que representó una frecuencia general de 37,2 %. El tendón extensor digital común presentó la mayor proporción de lesiones (38,3 %), seguido del tendón flexor digital profundo y del tendón flexor digital superficial, ambos con 36,7 %. Aunque la distribución fue semejante entre los tres tendones evaluados, el EDC mostró una ligera mayor frecuencia de alteraciones ecográficas.

Estos hallazgos evidencian que las lesiones tendinosas estuvieron ampliamente distribuidas entre las principales estructuras tendinosas de los miembros anteriores de los caballos evaluados. La elevada frecuencia de lesiones observada coincide con lo descrito por Genovese et al. (5), quienes señalan que los tendones de los caballos sometidos a

Tabla 3. Distribución de la severidad de las lesiones tendinosas detectadas mediante ultrasonografía.

Grado de severidad	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Grado I	13	19,4
Grado II	29	43,3
Grado III	20	29,9
Grado IV	5	7,4
Total	**67**	**100,0**

Las lesiones de Grado II fueron las más frecuentes, representando el 43,3 % del total de lesiones registradas, seguidas por las lesiones de Grado III (29,9 %), Grado I (19,4 %) y Grado IV (7,4 %). Estos resultados indican que, en la población evaluada, predominaron lesiones de compromiso estructural moderado, mientras que las lesiones de mayor gravedad fueron menos frecuentes.

La mayor proporción de lesiones moderadas coincide con lo descrito por Reef (6), quien señala que la mayoría de las lesiones tendinosas diagnosticadas mediante ultrasonografía corresponden a alteraciones parciales del patrón fibrilar y de la ecogenicidad, detectadas antes de evolucionar hacia rupturas extensas. Asimismo, Baxter (7) indica que la identificación temprana de lesiones moderadas permite instaurar medidas terapéuticas oportunas y mejorar el pronóstico deportivo. De igual manera, Whitcomb (8) refiere que la ultrasonografía constituye una herramienta fundamental para establecer el grado de compromiso estructural del tendón y monitorizar objetivamente la evolución durante la rehabilitación.

Con respecto a la influencia del tiempo de actividad deportiva, el análisis mediante el coeficiente de correlación de Spearman evidenció una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa entre los años en competencia y la severidad de las lesiones tendinosas ($\rho = 0,507$; $p < 0,001$). Este hallazgo indica que, conforme aumenta el tiempo de permanencia de los caballos en la actividad competitiva, también tiende a incrementarse el grado de severidad de las lesiones detectadas mediante ultrasonografía. Este comportamiento probablemente está relacionado con la exposición acumulativa a cargas mecánicas repetitivas durante el entrenamiento y la competencia, las cuales favorecen la progresión del daño estructural del tejido tendinoso descrita por Genovese et al. (5) y Baxter (7).

entrenamiento intenso están expuestos a microtraumatismos repetitivos que favorecen la aparición de alteraciones estructurales detectables mediante ultrasonografía. Del mismo modo, Reef (30) destaca que la exploración ecográfica permite identificar lesiones incluso en fases iniciales, cuando las manifestaciones clínicas aún son discretas. Baxter (7) indica que las cargas cíclicas generadas durante la actividad deportiva predisponen al desarrollo progresivo de lesiones tendinosas, especialmente en animales sometidos a programas intensivos de entrenamiento.

Tabla 2. Distribución de los tipos de lesiones tendinosas según el tendón evaluado.

Tipo de lesión	TFDP n (%)	TFDS n (%)	EDC n (%)	Total n (%)
Tendinitis	8 (36,4)	7 (31,8)	10 (43,5)	25 (37,3)
Desgarro	5 (22,7)	6 (27,3)	6 (26,1)	17 (25,4)
Ruptura parcial	7 (31,8)	8 (36,4)	5 (21,7)	20 (29,9)
Ruptura completa	2 (9,1)	1 (4,5)	2 (8,7)	5 (7,5)
Total	**22 (100,0)**	**22 (100,0)**	**23 (100,0)**	**67 (100,0)**

La tendinitis constituyó el tipo de lesión más frecuente, representando el 37,3 % del total de lesiones identificadas, seguida de la ruptura parcial (29,9 %), el desgarro (25,4 %) y la ruptura completa (7,5 %). La mayor proporción de tendinitis se observó en el tendón extensor digital común, mientras que las rupturas parciales predominaron ligeramente en el tendón flexor digital superficial.

La predominancia de la tendinitis concuerda con la fisiopatología de las lesiones tendinosas descrita en caballos atletas, donde el daño inicial suele manifestarse como un proceso inflamatorio asociado a la repetición de cargas mecánicas antes de evolucionar hacia lesiones estructurales de mayor gravedad. Genovese et al. (5) describieron que las alteraciones ecográficas compatibles con tendinitis representan uno de los hallazgos más frecuentes durante la evaluación de tendones equinos. Asimismo, Reef (8) señala que las lesiones inflamatorias suelen detectarse con mayor frecuencia debido a que constituyen la fase inicial del daño tendinoso y son susceptibles de ser identificadas mediante ultrasonografía antes de producirse rupturas extensas. Por su parte, Whitcomb (8) destaca que el diagnóstico temprano mediante ultrasonografía favorece la instauración de medidas terapéuticas oportunas, disminuyendo la progresión hacia lesiones más severas y mejorando el pronóstico funcional del caballo deportivo.

CONCLUSIONES

La ultrasonografía permitió detectar lesiones tendinosas en la totalidad de los caballos de carrera evaluados, evidenciando una elevada frecuencia de alteraciones tendinosas en los miembros anteriores. La tendinitis constituyó el tipo de lesión más frecuente, seguida por la ruptura parcial y el desgarro, mientras que la ruptura completa fue la alteración menos frecuente. Predominaron las lesiones de Grado II, lo que indica que la mayoría de los caballos presentó un compromiso estructural moderado de los tendones evaluados. Se encontró una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa entre los años en competencia y la severidad de las lesiones tendinosas, evidenciando que un mayor tiempo de actividad deportiva se asoció con un incremento del grado de afectación estructural.

REFERENCIAS

1. Smith RKW. Tendon and ligament injury. In: Ross MW, Dyson SJ, editors. *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. 2nd ed. St. Louis: Elsevier; 2011.
2. Dowling BA, Dart AJ, Hodgson DR, Smith RK. Superficial digital flexor tendonitis in the horse. *Equine Vet J*. 2000;32(5):369–78.
3. Smith RKW. Tendon pathology in the horse. *Equine Vet Educ*. 2014;26(2):100–6.
4. Reef VB. *Equine Diagnostic Ultrasound*. 2nd ed. St. Louis: Elsevier Saunders; 2014.
5. Genovese RL, Rantanen NW, Hauser ML, Simpson BS. Diagnostic ultrasonography of equine limbs. *Vet Clin North Am Equine Pract*. 1986;2(1):145–226.
6. Reef VB. *Equine Diagnostic Ultrasound*. 2nd ed. St. Louis: Elsevier Saunders; 2014.
7. Baxter GM, editor. *Adams and Stashak's Lameness in Horses*. 7th ed. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2020.
8. Whitcomb MB. Ultrasonography of the equine musculoskeletal system. *Vet Clin North Am Equine Pract*. 2017;33(1):95–113.

Anexo 7. Resultado estadístico

Correlaciones no paramétricas

[ConjuntoDatos0]

Correlaciones

			Años en competencia	Severidad de la lesión
Rho de Spearman	Años en competencia	Coeficiente de correlación	1,000	,507**
		Sig. (bilateral)	.	,001
		N	30	30
	Severidad de la lesión	Coeficiente de correlación	,507**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	.
		N	30	30

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

DETERMINACIÓN DE LAS PRINCIPALES LESIONES DEL TENDÓN FLEXOR DIGITAL PROFUNDO (TFDP), TENDÓN FLEXOR DIGITAL SUPERFICIAL (TFDS) Y TENDÓN EXTENSOR DIGITAL COMÚN (TEDC) DE CABALLOS DE CARRERA DETECTADAS M

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	16%	7%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	2%
3	idoc.pub Fuente de Internet	1%
4	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	1%
6	avmajournals.avma.org Fuente de Internet	<1%
7	ru.dgb.unam.mx Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
9	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad de Murcia Trabajo del estudiante	<1%
11	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
12	www.frontiersin.org Fuente de Internet	<1%
13	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1%
14	www.revistas.una.ac.cr Fuente de Internet	<1%