

Universidad Científica del Sur  
Facultad de Ciencias Biológicas y Veterinarias  
Medicina Veterinaria y Zootecnia

**“COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE TENDINITIS  
DEL FLEXOR DIGITAL SUPERFICIAL EN CABALLOS DE CARRERA  
UTILIZANDO ELECTROACUPUNTURA Y PLASMA RICO EN  
PLAQUETAS EN EL HIPÓDROMO DE MONTEERRICO, LIMA - PERÚ”**

Para optar el título profesional de:

Médico Veterinario y Zootecnista

Bachiller Mariana Leonor Muñoz Alba

Asesor: M.V. Sabino Arturo Arias Quispe

Lima, Perú

2020

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 04 de junio de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: <b>Mg. ROSE MARY BARRETO RIOS</b>
Miembro: <b>M.V. MILENA PAOLA MONTENEGRO VEGA</b>
Miembro: <b>M.V.Z. MARIA LOURDES VELARDE MARCOS</b>

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

**“COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE TENDINITIS DEL FLEXOR DIGITAL SUPERFICIAL EN CABALLOS DE CARRERA UTILIZANDO ELECTROACUPUNTURA Y PLASMA RICO EN PLAQUETAS EN EL HIPÓDROMO DE MONTEERRICO, LIMA – PERÚ.”**

Presentada por el estudiante/bachiller:

**MARIANA LEONOR MUÑOZ ALBA**

Para optar el Título Profesional de **Médico Veterinario y Zootecnista**

Asesorada por: **M.V. SABINO ARTURO ARIAS QUISPE**

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de la tesista de la carrera de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** en la sustentación, concluyen de manera unánime ( x ) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesis: <b>MARIANA LEONOR MUÑOZ ALBA</b>		Nota (en letras): Dieciocho	
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

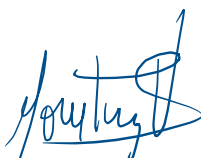
Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



**Mg. ROSE MARY BARRETO RIOS**  
*Presidente*



**M.V. SABINO ARTURO ARIAS QUISPE**  
*Asesor*



**M.V. MILENA PAOLA MONTENEGRO VEGA**  
*Miembro 1*



**M.V.Z. MARIA LOURDES VELARDE MARCOS**  
*Miembro 2*

## RESUMEN

**Razón por la que se realiza el estudio:** Las terapias con electroacupuntura (EA) y aplicación de plasma rico en plaqueta (PRP) son tratamientos cada vez más aplicados en medicina equina, sin embargo, la información del tiempo de recuperación utilizando EA en tendones es aún limitada.

**Objetivos:** Comparar el tiempo de recuperación de tendinitis del tendón del músculo flexor digital superficial en caballos de carrera utilizando EA y PRP.

**Diseño del estudio:** Tipo experimental. Muestreo por conveniencia.

**Métodos:** El estudio se llevó a cabo con 34 caballos diagnosticados con inflamación del tendón flexor digital superficial (TFDS) con ruptura de fibra hasta 30% mediante ecografía, 16 para el grupo de EA y 18 para el grupo de PRP. El grupo de EA recibió terapia tres veces por semana en los acupuntos *San-jian* (IG-3), *He-gu* (IG-4), *Qian-chan-wan* (ID-3), *Lao-gong* (PC-8) y *Yang-ling-quan* (VB-34) a una frecuencia de 1 Hz por 30 minutos a intensidad de onda tolerada por el paciente. Al grupo con PRP se realizó una infiltración eco guiada a nivel de la zona máxima de lesión del tendón a una concentración de  $1 \times 10^6$  plaquetas/ $\mu$ L. El primer grupo (EA) se evaluó mediante ecografías semanales durante 66 días o hasta la resolución de la lesión, mientras que el segundo grupo (PRP) se evaluó cuatro semanas después de aparición de la lesión.

**Resultados:** Mediante el análisis de regresión de Cox se estableció que ambos tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) en el tiempo de recuperación de tendinitis en el TFDS en caballos de carrera.

**Principales limitaciones:** Se recomienda conseguir muestras con lesiones más homogéneas para futuros estudios, además, se sugiere ampliar el tiempo del estudio hasta observar resolución completa de la lesión.

**Conclusiones:** El tiempo de recuperación de tendinitis del TFDS mediante la técnica de EA presentó resultados similares en el tiempo respecto a la recuperación que la técnica con PRP.

**Palabras claves:** electroacupuntura, plasma rico en plaquetas, tendinitis, ecografía, caballos

## INTRODUCCIÓN

La exigencia competitiva en los caballos de carrera los predispone a lesiones músculo-esqueléticas a nivel de miembros anteriores como son las lesiones de ligamentos, tendones, fracturas y/o fisuras en huesos, entre otros [1, 2]. Una de las lesiones de tejido blando más común es la inflamación del tendón del m. flexor digital superficial la cual afecta directamente el desempeño del animal [3, 4] y, si el grado de lesión es muy grave, requiere para su tratamiento el uso de terapias regenerativas como el plasma rico en plaquetas (PRP) que permite reducir la inflamación y estimular la regeneración de las fibras de colágeno gracias a las propiedades regenerativas y antiinflamatorias otorgadas por el efecto mitótico, quimiotáctico y de angiogénesis que poseen las plaquetas [5]. Sin embargo, las terapias son invasivas, costosas y están acompañadas de largos periodos de recuperación. Debido al tiempo y costo que implica este tratamiento algunos criadores optan por terapias rápidas que no recuperan en su totalidad al animal y, cuando éste empieza a ser exigido nuevamente la lesión se agrava, como es el caso de la termocauterización o uso de agentes corrosivos [6]; otras terapias, como las ondas de choque, sí generan una recuperación eficiente pero la analgesia que produce puede ser contraproducente si el paciente sigue entrenando [7].

En la actualidad, los tratamientos aplicados en la medicina veterinaria equina suelen tomar periodos extensos de recuperación y, en la mayoría de veces, los animales vuelven a lesionarse [3]. Es por esta razón que se propone la terapia con electroacupuntura (EA) como alternativa para el tratamiento de tendinitis ya que promete ser una opción menos invasiva y más eficaz para reducir la inflamación y el dolor, además de contribuir con la formación y organización de fibras de colágeno en el TFDS permitiendo una recuperación más rápida con la finalidad que los caballos puedan volver a entrenar en menor tiempo [8]. Asimismo, esta terapia incentiva la analgesia mediada por opioides endógenos, liberación de factores antiinflamatorios y estimula la movilización de células madre mesenquimales (CMM) [9]. Por lo tanto, en este estudio se planteó como objetivo comparar el tiempo de recuperación de EA y PRP en el tratamiento de la inflamación del TFDS teniendo como hipótesis que la recuperación del tendón tratado con EA fuese menor que aquellos tratados con PRP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo experimental.

### Hipótesis

El tiempo de recuperación de la tendinitis del tendón del m. flexor digital superficial es menor utilizando electroacupuntura comparado con plasma rico en plaquetas.

### Objetivos

General:

- Comparar el tiempo de recuperación de tendinitis del tendón del m. flexor digital superficial en caballos de carrera utilizando electroacupuntura y plasma rico en plaquetas.

Específicos:

- Determinar el tiempo de recuperación de tendinitis en caballos de carrera utilizando el tratamiento con plasma rico en plaquetas.
- Determinar el tiempo de recuperación de tendinitis en caballos de carrera utilizando la terapia con electroacupuntura.
- Identificar asociación estadística entre el sexo y la recuperación de la lesión utilizando el tratamiento con plasma rico en plaquetas
- Identificar asociación estadística entre el sexo y la recuperación de la lesión utilizando la terapia con electroacupuntura.

### Determinación del tamaño de muestra

Para la estimación del tamaño mínimo de muestra se usó la fórmula para proporciones de ocurrencia de evento en grupos determinados de seguimiento [10].

$$n = \left[ \frac{Z_{\alpha} \sqrt{\pi_1 (1 - \pi_1)} + Z_{\beta} \sqrt{\pi_0 (1 - \pi_0)}}{\pi_1 - \pi_0} \right]^2$$

Donde:

n: Tamaño mínimo de muestra para grupo de evaluación

$Z_{\alpha}$  : Coeficiente de nivel de confianza al 95% (1.96)

$Z_{\beta}$  : Potencia de la prueba al 80% (0.84)

$\pi_1$  : Proporción de ocurrencia del evento en el grupo de estudio (0.95)

$\pi_0$  : Proporción de ocurrencia del evento en el grupo basal (0.75)

Considerando:

La proporción de ocurrencia del evento de curación en el grupo de estudio (EA) se estima en que el 0.95 o más se recupera al término del tratamiento [11].

La proporción de ocurrencia del evento de curación en el grupo basal (PRP) se estima que tres de cuatro individuos se recupera al recibir tratamiento [11].

Con los valores establecidos, se estimó un n=16. Para el estudio se evaluaron 74 caballos de carrera en total, previniendo una posible pérdida de individuos durante la selección de la muestra y la aplicación de los tratamientos (Fig. 1).

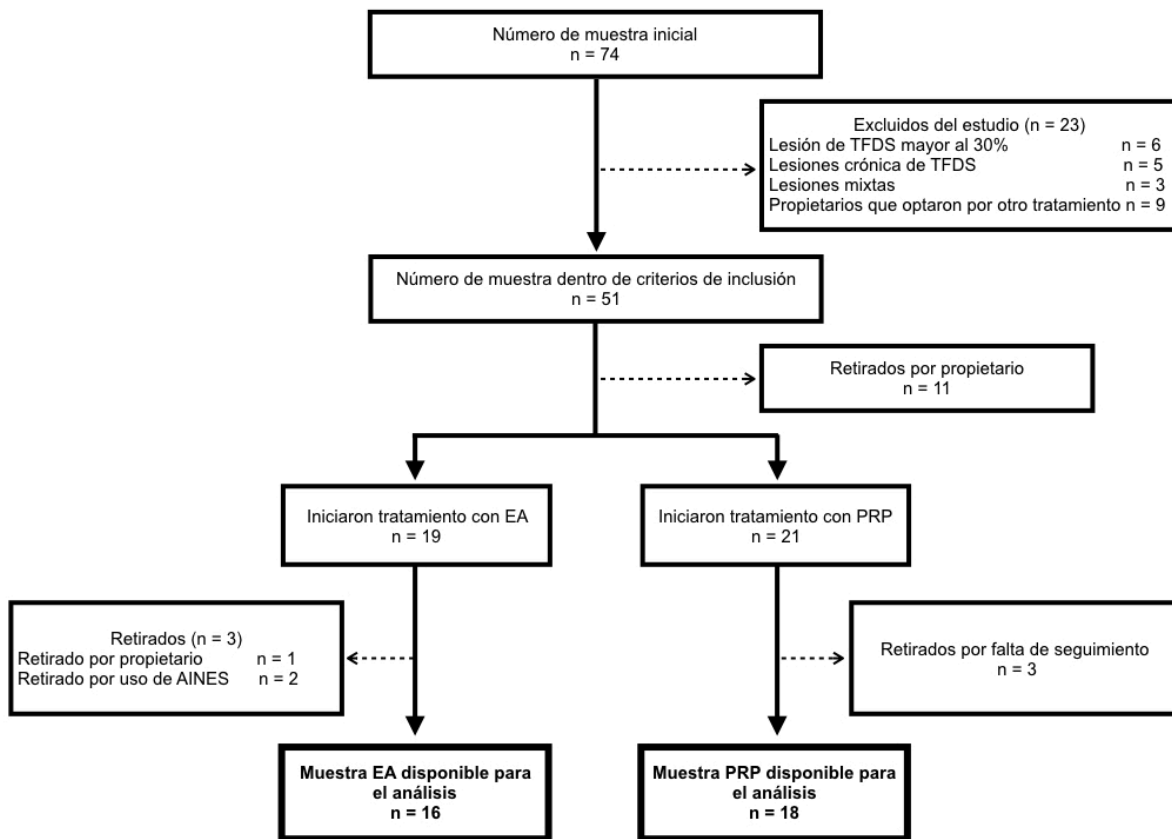
### Selección de muestra

El muestreo realizado fue por conveniencia ya que la aplicación de PRP significaba un costo aparte en la investigación y solo se realizó a los caballos en los cuales el propietario asumiera los gastos.

Para ambos tratamientos se detalló un previo consentimiento informado por parte de los dueños o del representante legal (Anexo 1).

Criterio de inclusión: Caballos de carrera de 2 a 5 años con lesión de tendinitis unilateral del TFDS debido a entrenamiento de alta competencia con ruptura fibrilar hasta 30% que abarque solo una zona diagnosticada por ecografía.

Criterios de exclusión: Caballos de carrera con tendinitis TFDS bilateral, con ruptura fibrilar mayor al 30%, con lesión que abarque más de una zona diagnosticada por ecografía y/o que estuvieran cursando con otra terapia (terapia laser, tratamiento antiinflamatorio o analgésico, terapia de ultrasonido, etc.), caballos con otro tipo de lesiones músculo-esqueléticas que manifiesten signos clínicos (fracturas, osteofitos, desmitis, etc.) y animales muy nerviosos que no se dejaran realizar la terapia



**Figura 1.** Criterios de inclusión y selección de muestra para tratamiento de tendinitis del flexor digital superficial en caballos de carrera utilizando EA y PRP.

### Localización y Ambiente

El estudio se realizó en la caballeriza 7 del Hipódromo de Monterrico del Jockey Club del Perú. Departamento de Lima – Perú.

### Procedimiento metodológico

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con 34 caballos tanto hembras como machos, entre las edades de 2 a 5 años divididos en dos grupos de tratamiento (16 en el grupo de EA y 18 en el grupo de PRP), a los cuales se les realizó un diagnóstico ecográfico para evaluar el grado de lesión unilateral del tendón pudiendo ser edema intratendinoso o un máximo de área de lesión anecogénica de 30% (Día 0). Antes de realizar las ecografías todos los animales fueron sedados con un cocktail de 0.3mg/kg de xilacina (Xilazina VETEC al 10%) y 0.02mg/kg de acepromazina (Promazil® al 1%) vía intravenosa [12], posteriormente se rasuró toda el área del TFDS del miembro anterior derecho o izquierdo (según donde el animal presentaba la lesión) y se lavó la zona con una esponja con un preparado de ¾ de agua y ¼ de yodopovidona solo para eliminar detritus que interfirieran el diagnóstico ecográfico.

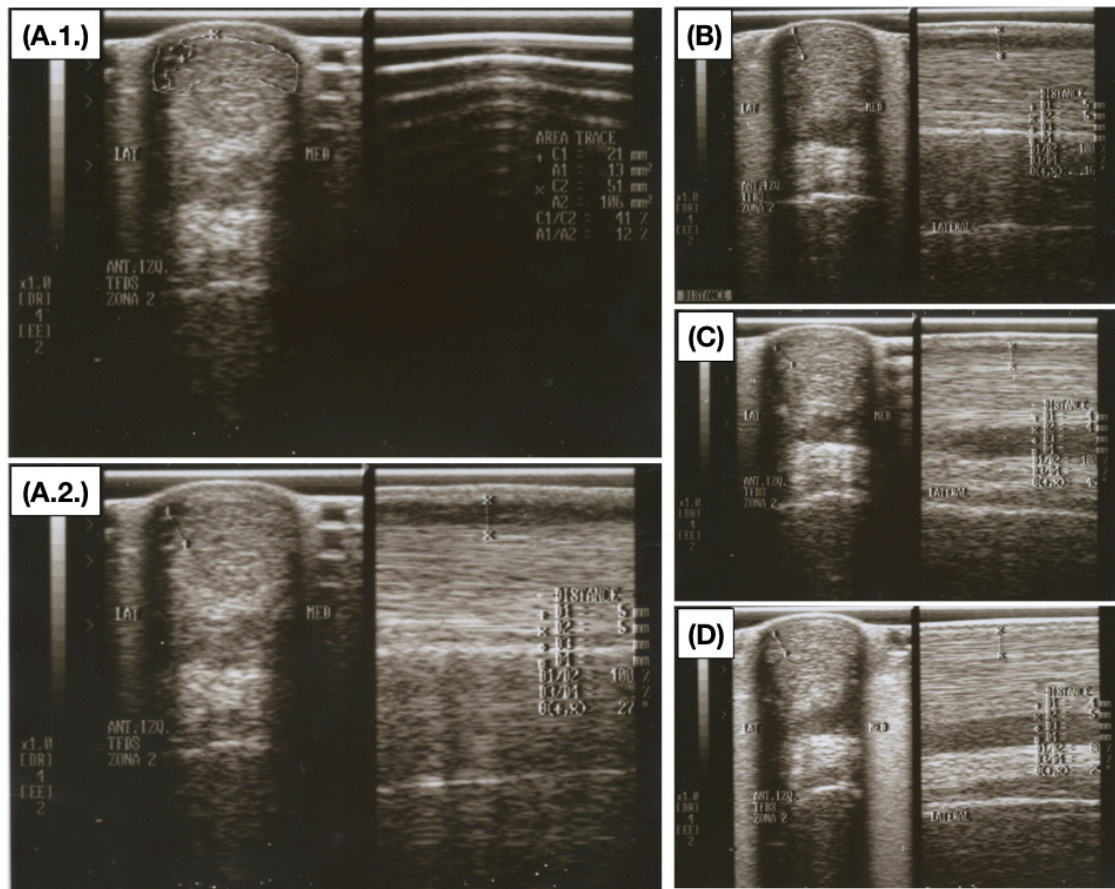
### Evaluación ecográfica

Cada estudio ecográfico se evaluó de forma cualitativa según la ecogenicidad de la lesión y el patrón fibrilar comparándolo con el tendón flexor digital profundo de la misma extremidad, esperando que la recuperación completa sea cuando no exista diferencia entre los patrones ecográficos entre ambos tendones [13,14] (Cuadro 1 y Fig. 2).

Grado	Ecogenicidad de la lesión	Patrón de fibras tendinosas
0	Ecogenicidad muy cerca de lo normal o normal	100% - 76% de fibras de colágeno ordenadas de forma paralela
1	Ligeramente menos ecogénico que lo normal	75% - 51% de fibras de colágeno ordenadas de forma paralela
2	50% anecogénico y 50% isoecogénico	50% - 26% de fibras de colágeno ordenadas de forma paralela
3	predominan áreas anecogénicas	25% - 0% de fibras de colágeno ordenadas de forma paralela

**Cuadro 1.** Parámetros para evaluación ecográfica de lesión de TFDS adaptado de Reef (2001) [15]





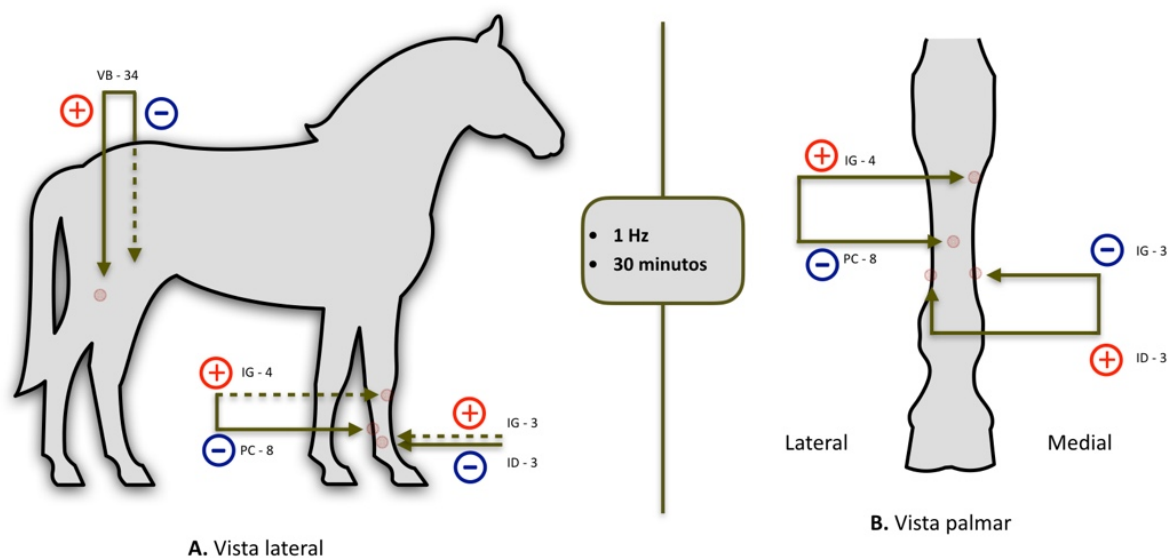
**Figura 2.** Seguimiento ecográfico de TFDS con tratamiento con EA.

(A.1.) Día 0: Se observa una zona anecogénica de 12% de área máxima de lesión en el TFDS anterior izquierdo en la zona 2 hacia lateral. (A.2.) Día 0: Se observa la lesión hacia lateral en vista transversal y longitudinal (B) Día 7: Patrón anecogénico, se empieza a observar fibras en el área de lesión. (C) Día 14: Patrón ligeramente hipoecogénico en la zona máxima de lesión. (D) Día 21: Patrón isoecogénico en todo el TFDS (Vista transversal). Se observa 100% de fibras ordenadas de forma paralela (Vista longitudinal).

### Tratamiento con EA

Los pacientes tratados con EA iniciaron un día después del primer diagnóstico ecográfico. La terapia se realizó tres veces por semana empezando desde el día 1 hasta el día 66 o hasta la resolución de la lesión dentro de ese periodo de tiempo. Se introdujeron agujas finas de acero inoxidable (0.25mm

de diámetro\*30mm de largo) en la piel a nivel de los acupuntos IG-4 ubicado hacia medial entre la depresión entre la cabeza del segundo y el tercer hueso metacarpiano, IG-3 localizado hacia medial y distal entre el segundo y tercer hueso metacarpiano, ID-3 ubicado hacia lateral y distal entre el tercer y cuarto hueso metacarpiano, PC-8 ubicado hacia palmar a la mitad de la distancia entre el carpo y el nudo y VB-34 ubicado bilateral en el espacio interóseo entre la tibia y la fíbula. Las agujas de los acupuntos IG-4 y PC-8 se conectaron a un electrodo positivo y negativo respectivamente, de la misma manera se procedió con ambas agujas en IG-3 e ID-3 y, finalmente en VB-34 bilateral (Fig. 3) [16]. La frecuencia utilizada en los puntos con los electrodos fue de 1Hz por 30 minutos a intensidad de onda tolerada por el paciente siendo esta aproximadamente 2mA [17,18]. Las evaluaciones ecográficas se realizaron cada 7 días durante 66 días [19].



**Figura 3.** Zonas de aplicación de ID-3, IG-3/4, PC-8 y VB-34 con EA.

### Tratamiento con PRP

El grupo tratado con PRP siguieron el protocolo a continuación [5]: Una vez diagnosticada la lesión se disminuyó la inflamación clínica (calor, dolor y edema) con hielo y agua helada por tres días; luego se procedió al diagnóstico ecográfico y al día siguiente se realizó la extracción de sangre la cual consiste en coleccionar 400cm<sup>3</sup> de sangre en una bolsa cuádruple y enviarla al laboratorio para obtener PRP a una concentración de 1 x 10<sup>6</sup> plaquetas/ $\mu$ L conservado a temperatura ambiente. Dentro de la primera y

segunda semana de la aparición de la lesión se realizó la infiltración intratendinosa eco guiada envolviendo el transductor en un guante estéril con gel y, para maximizar la penetración del ultrasonido, se aplicó alcohol entre el guante y la piel del tendón. Para poder realizar el tratamiento, el paciente fue previamente sedado con 0.3mg/kg (Xilazina VETEC al 10%) y 0.02mg/kg de acepromazina (Promazil® al 1%) via intravenosa [12]. Luego se rasuró la piel de toda la zona del TFDS y se lavó con  $\frac{3}{4}$  de agua y  $\frac{1}{4}$  de yodo povidona, después se ubicó la zona máxima de lesión y se bloqueó con lidocaína al 2% (0.2ml/kg) y se realizó la infiltración eco guiada con una jeringa de aguja Nro 21 aplicando de 1 a 2 ml de PRP intratendinosa dependiendo el máximo volumen que pueda ingresar a la zona de lesión, finalmente se vendó la zona y el caballo se mantuvo en reposo dentro de su pesebrera por dos días. La evaluación ecográfica se realizó tres semanas después.

### **Programa de ejercicio controlado**

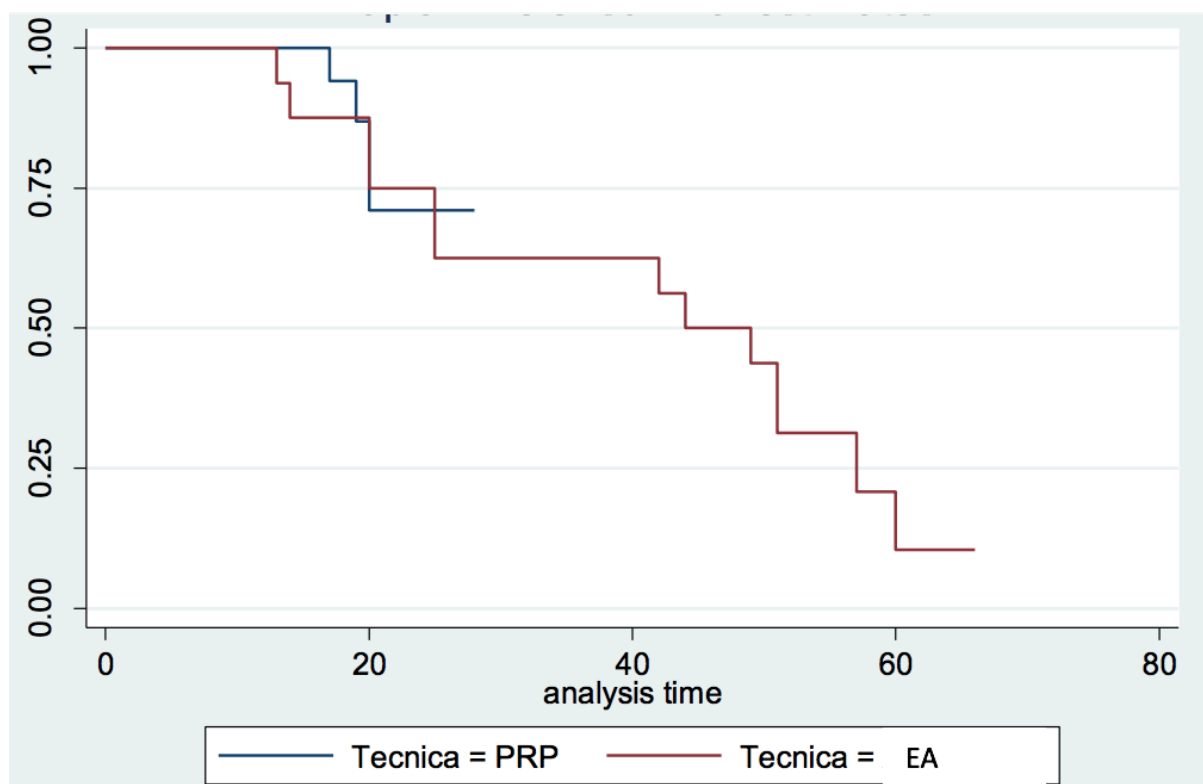
Durante el periodo de investigación no se impuso impedimentos en cuanto a la alimentación, pero sí para el ejercicio realizado diariamente, el cual se basó en la restricción de ejercicio intenso como participación en competencias, entrenamientos o cabalgatas. Sin embargo, con la finalidad de no mantenerlos encerrados por completo y optimizar la reorganización de las fibras tendinosas [20], se realizó un programa de ejercicio controlado para ambos grupos que consistió en caminatas a mano guiada de 20 minutos con incrementos graduales hasta los 45 minutos de duración [6].

### **Análisis estadístico**

La variable tiempo de recuperación se evaluó en función al tiempo mediante el análisis de supervivencia: regresión de Cox, mediante el software estadístico STATA 15.0. Se evaluó la variable cualitativa sexo con la variable recuperación de la lesión mediante la prueba exacta de Fischer. Se estableció como criterio de nivel de significancia estadística un valor de  $(p < 0.05)$ .

## RESULTADOS

La evaluación del tiempo de recuperación se realizó mediante el análisis de supervivencia de Kaplan – Meier, considerando el evento de estudio como la recuperación de la lesión en el grupo de tratamiento. La primera recuperación registrada en el grupo PRP se determinó al día 17 y en el grupo EA en el día 22. El último individuo recuperado en el grupo EA se determinó al día 66; mientras que en el grupo PRP se realizó el seguimiento hasta el día 30 (Fig. 4). Mediante el análisis de regresión de Cox ( $p=0.6889$ ) y la prueba de Log-rank ( $p=0.6770$ ) se estableció que los tratamientos con EA y PRP resultaron ser similares para la recuperación de tendinitis ( $p>0.05$ ). Como se demuestra en la figura 5, los tiempos de recuperación ecográficamente son similares para ambos tratamientos.



**Figura 4.** Curva de tiempos de recuperación de tendinitis del flexor digital superficial mediante las técnicas de PRP y EA.

De los 34 caballos de carrera evaluados en total, en el grupo de PRP 13 fueron machos y 5 hembras, de los cuales solo 4 machos se recuperaron dentro de los 30 días (Cuadro 2), se encontró que el sexo del equino no está relacionado a la recuperación de la lesión utilizando PRP ( $p > 0.05$ ).

		TFDS		TOTAL
		No Recuperado	Recuperado	
Sexo del equino	Macho	9	4	13
	69.23 %	30.76 %	100 %	
Hembra	Hembra	5	0	5
	100 %	0 %	100 %	
TOTAL		14	4	<b>18</b>

$p = 0.234$

**Cuadro 2.** Relación del sexo con la recuperación de la lesión utilizando PRP.

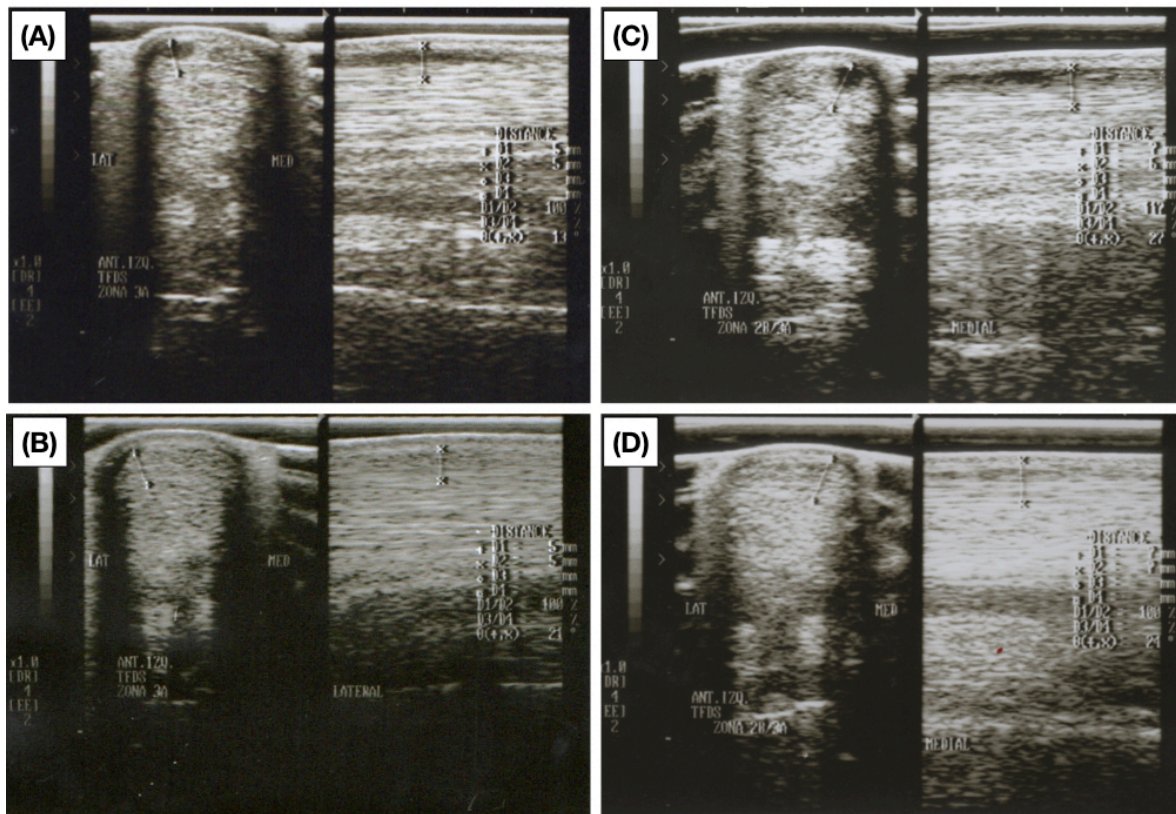
Asimismo, de los 16 caballos de carrera evaluados en el grupo de EA, 9 fueron machos y 7 hembras, de las cuales solo 3 hembras no se recuperaron (Cuadro 3), se encontró que el sexo del equino no está relacionado a la recuperación de la lesión utilizando EA ( $p > 0.05$ ).

		TFDS		TOTAL
		No Recuperado	Recuperado	
Sexo del equino	Macho	0	9	9
	0 %	100 %	100 %	
Hembra	Hembra	3	4	7
	42.86 %	57.14 %	100 %	
TOTAL		3	13	<b>16</b>

$p = 0.062$

**Cuadro 3.** Relación del sexo con la recuperación de la lesión utilizando EA.





**Figura 5.** Comparación ecográfica utilizando EA y PRP para tendinitis del flexor digital superficial.

(A) Paciente del grupo EA en el día 0, se observa lesión anecogénica de 15% hacia lateral en la zona 3A del TFDS anterior izquierdo. (B) Paciente del grupo EA en el día 35, se observa ligera lesión hipocogénica en la zona 3A hacia lateral del TFDS. (C) Paciente del grupo PRP en el día 0, se observa lesión anecogénica de 15% hacia lateral en la zona 2B/3A del TFDS anterior izquierdo. (D) Paciente del grupo PRP en el día 30, se observa ligera lesión hipocogénica en la zona 2B/3A hacia lateral del TFDS.

## DISCUSIÓN

Este es el primer estudio que compara el tiempo de recuperación de la terapia de PRP con EA en puntos locales para inflamación del TFDS *in vivo* en caballos de carrera. Los efectos de ambas terapias para el tratamiento de tendinopatías se resumen principalmente en los procesos de angiogénesis [21-25], el efecto antiinflamatorio [7, 26] y regenerador de colágeno tipo I [8, 27], lo que explica la razón de la similitud en las curvas de tiempos de recuperación del TFDS entre ambos tratamientos ( $p=0.6889$ ) (Fig. 4). No obstante, es importante recordar que la mayoría de los modelos citados son parte de investigaciones experimentales donde se indujo la tendinitis a través de moléculas degradadoras de colágeno o de forma quirúrgica, lo cual difiere a un tratamiento realizado en un paciente lesionado de forma natural.

En este estudio se encontró que 37.5% (6/16) de los caballos tratados con EA se recuperaron por completo dentro de los primeros 25 días (Fig. 4) estos resultados concuerdan con la mejoría observada por Almeida *et al.* (2015) quien sustentó que al acortar el proceso de la fase inflamatoria [8] la cual ocurre en los primeros siete días donde existe un aumento del área transversal del tendón, hemorragia, formación de coágulos de fibrina, edema, aumento de enzimas como colagenasa e infiltración de células inflamatorias como neutrófilos y macrófagos [28], se podría reducir el proceso de regeneración del tendón de ratas y observar mejoras en la estructura de las fibras de colágeno a los 21 días [8]. Mas aún, Salazar *et al.* (2017) encontró que la EA tiene un efecto dramáticamente positivo en liberación de CMM en el torrente sanguíneo, aumentando su concentración en un 303% a las 2 horas post terapia [9]; posteriormente, Longhini *et al.* (2019) comprobó que esta concentración de células madres inhibe la proliferación linfocitaria y aumenta la producción de interleuquina-10 (IL-10) potenciando sus efectos antiinflamatorios a las 24 horas de realizada la terapia [26]. La rápida liberación de esta potente citoquina podría cumplir un papel importante en el efecto antiinflamatorio de la electroacupuntura desde las primeras sesiones, explicando los cambios ecográficos encontrados en nuestro estudio desde las primeras sesiones (Fig. 2).

En el caso de los caballos tratados con PRP, solo 4 caballos de los 18 del grupo se lograron recuperar entre los días 17 a 20 post infiltración lo cual se puede deber principalmente a los efectos de la terapia con PRP que, como su nombre lo indica, es una concentración de plaquetas alta en plasma siendo esta  $1 \times 10^6$  plaquetas/ $\mu$ L que tienen dentro de sus funciones liberar factores de crecimiento como el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), factor de crecimiento transformante (TGF)- $\beta$ , VEGF y factor de crecimiento insulínico (IGF)-1 y proteína oligomérica de la matriz cartilaginosa (COMP) los cuales se caracterizan respectivamente por estimular la producción de otros factores de crecimiento, inhibir la actividad de las metaloproteinasas, estimular la angiogénesis, aumentar la proliferación y migración celular, así como ayudar en la organización de las fibras de colágeno [7, 25, 27].

No obstante, los 14 caballos restantes (77.77%) del grupo con aplicación de PRP mantuvieron una ligera hipoecogenicidad hasta la cuarta semana lo cual propone que la inyección de PRP puede ocasionar una inflamación celular que puede contribuir a la baja ecogenicidad [29]. Estos resultados concuerdan con los expuestos por Maia *et al.* (2009) quien también observó ligera inflamación clínica después de 35 días de aplicada la terapia [5]. De igual manera, Geburek *et al.* (2016) evaluó la evolución ecográfica post infiltración de PRP en caballos lesionados de forma natural y observó mejoras significativas en la cuarta, octava y duodécima semana ya que empezó a haber un aumento en la ecogenicidad y alineamiento de las fibras del tendón, sin embargo, no observó cambios significativos en disminución del área de lesión entre la cuarta semana y la decimoctava ( $p < 0.05$ ) [30].

Asimismo, en los resultados ecográficos de esta investigación se observó una formación organizada y paralela de fibras con contraste isoecogénico lo que podría significar formación de fibras de colágeno tipo I sin formación de fibrina las cuales se manifestarían en un contraste hiperecogénico (Fig. 2) [13, 31]. Estudios en tendones de ratas demostraron que las propiedades regenerativas de EA se manifiestan en el tratamiento de tendinitis a través la rápida formación del tejido original del tendón el cual es el colágeno tipo I [32-34] lo que es la base para brindar mayor fuerza a los tendones para soportar peso y ejercicios arduos evitando así que se vuelvan a lesionar puesto que este está compuesto por fibras gruesas y elásticas ordenadas de forma paralela [35, 36]. Del mismo modo, las



plaquetas se caracterizan por la liberación de COMP que estimula la producción y organización de las fibras de colágeno [27].

Por otro lado, 3 de los 16 (18.75%) caballos en el grupo de tratamiento con EA que no lograron una recuperación completa al terminar los 66 días de tratamiento fueron yeguas que mantuvieron una ligera hipoecogenicidad en el área de lesión. En esta investigación no se encontró asociación estadística entre el sexo del equino y la recuperación de la lesión en función a los tratamientos empleados ( $p > 0.05$ ) lo cual concuerda con Witte *et al.* (2016) quien comparó los resultados de diferentes tratamientos (entre ellos infiltración con PRP) para TFDS en caballos de carrera y encontró que el sexo no estaba relacionado con la ocurrencia de lesión ni el éxito del tratamiento implementado [6]. Sin embargo, dos de las yeguas tenían una inflamación difusa en toda el área de lesión y esto concuerda con los resultados presentados por Tamura *et al.* (2018) quien evaluó los factores de riesgo de lesión del TFDS en caballos de carrera y encontró que la edad, peso, sexo y disposición de la lesión no se asociaban a que los caballos se recuperen y puedan volver a competir, no obstante, sí encontró diferencia significativa en relación al grado y zona de la lesión, indicando que un tendón con ruptura fibrilar en la zona media metacarpiana era más susceptible a lesionarse y, por ende, haciendo más difícil la rehabilitación [4]. Sin embargo, Geburek *et al.* (2016), propuso que estos resultados pueden variar según la homogeneidad de la muestra y el tipo de ejercicio que haga el paciente [30], en este estudio no se evaluaron características específicas de la lesión por lo que se recomienda evaluar otros factores de lesión para comprender la diferencia de tiempos de recuperación entre los pacientes.

En este estudio se utilizaron puntos de acupuntura anatómicamente cerca al tendón como fueron IG-3, IG-4, PC-8 y ID-3 (Fig. 3) [16, 37], los cuales pueden haber contribuido en el tiempo de recuperación no solo por los efectos antiinflamatorios sino por un proceso denominado mecano – transducción que se define como la habilidad para transformar un estímulo mecánico en un cambio biomecánico y, en el caso de la acupuntura, para que esto suceda se planteó que el acupunto a utilizar debe estar directamente relacionado a nivel anatómico con el sitio de lesión [38]. Langevin *et al.* (2006), observó que los cambios en el citoesqueleto luego de la inserción y rotación de la aguja están ligados a una respuesta activa del sistema Rho y Rac que regula la organización de filamentos de actina y la

contracción de actomiosina los cuales se presentaron a centímetros de la inserción de la aguja lo que propone un impacto a mayor distancia del punto local [39]. Asimismo, otro elemento importante activado por estímulo mecánico que ayuda a la síntesis de colágeno tipo I es la proteína quinasa activada por mitógenos (MAPKS) a través de la activación del ERK-AP-1 en los fibroblastos [38].

En el presente estudio se utilizó 1 Hz de frecuencia en el tratamiento con EA; el uso de baja frecuencia está extensamente documentada en tener efectos analgésicos y anti-inflamatorios aunque el mecanismo de acción todavía no se logra definir con claridad [40]. Sin embargo, Zhang *et al.* (2004) sugiere que la electricidad en los puntos de acupuntura incentiva a un efecto anti-inflamatorio no dependiente de opioides y un efecto analgésico dependiente de opioides [41]. De igual manera, Kim *et al.* (2008) propuso que la reducción de la inflamación es a través del sistema simpático ya que en su estudio comprobó liberación de catecolaminas a través de terminales nerviosas simpáticas que se unen a  $\beta$ -adrenoceptores de las células inmune para alterar su migración al sitio de inflamación [17].

## CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados en el presente estudio demostraron que el tiempo de recuperación de tendinitis del TFDS mediante la técnica de EA presentaron resultados similares en el tiempo respecto a la recuperación que la técnica con PRP.

## RECOMENDACIONES

En este estudio no se evaluó la formación de fibras de colágeno tipo I ni tampoco la incidencia de re-lesión comparando ambas terapias por lo que se sugiere investigar más sobre este tema *in vivo*.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis profesores, amigos, familia y mi hermano Santiago por apoyarme en todo el proceso y en especial a los propietarios de los caballos, a la familia Arias y al doctor Villacaqui por hacer posible este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dallas, R. (2013) Musculoskeletal injury in arabian racehorses: a study of injury distribution and prevalence in one training yard in the United Kingdom (2005–2012). *Equine Vet J.* **54**, 2-19. doi: 10.1111/evj.12145\_23
2. Sousa, N., Luna, S., Pizzigatti, D., Martins, M., Possebon, F., Aguiar, A. (2019) Relation between type and local of orthopedic injuries with physical activity in horses. *CR.* **47(2)**, 1-7. doi: <http://dx.doi.org/r1s0e.s1.590/0103-8478cr201512118>
3. O'Meara, B., Bladon, B., Parkin, T.D.H., Fraser, B., Lischer, C.J. (2010) An investigation of the relationship between race performance and superficial digital flexor tendonitis in the Thoroughbred racehorse. *Equine Vet J.* **42(4)**, 322-326. doi: 10.1111/j.0425-1640.2009.00021.x
4. Tamura, N., Kodaira, K., Yoshihara, E., Mae, N., Yamazaki, Y., Mita, H., Kuroda, T. (2018) A retrospective cohort study investigating risk factors for the failure of Thoroughbred racehorses to return to racing after superficial digital flexor tendon injury. *Vet J.* **235**, 42-46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.03.003>
5. Maia, L., Souza, M.V., Ribeiro, J.I.R., Oliveira, A.C., Silveira, G.E., Anjos, L., Sancler, Y.F.R., Zandim, B.R., Lopes, J.C. (2009) Platelet-rich plasma in the treatment of induced tendinopathy in horses: histological evaluation. *J Equine Vet Sci.* **29**, 618-626. doi:10.1016/j.jevs.2009.07.001
6. Witte, S., Dedman, C., Harriss, F., Kelly, G., Chang, Y.M., Witte, T.H. (2016) Comparison of treatment outcomes for superficial digital flexor tendonitis in National Hunt racehorses. *Vet J.* **216**, 157-163. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.08.003>
7. Bosch, G., Schie, H.T.M., Groot M.W., Cadby, J.A., Lest, C.H.A., Barneveld, A., Weeren, P.R. (2010) Effects of platelet-rich plasma on the quality of repair of mechanically induced core lesions in equine superficial digital flexor tendons: a placebo-controlled experimental study. *J Orthop Res.* **28**, 211-217. doi:10.1002/jor.20980

8. Almeida, M.S., Freitas, K.M., Oliveira, L.P., Vieira, C.P., Guerra, F.R., Dolder, M.A.H., Pimentel, E.R. (2015) Acupuncture increases the diameter and reorganization of collagen fibrils during rat tendon healing. *Acupunct Med.* **33**, 51-57. doi:10.1136/acupmed-2014-010548
9. Salazar, T.E., Richardson, M.R., Beli, E., Ripsch, M.S., George, J., Kim, Y., Duan, Y., Moldovan, L., Yan, Y., Bhatwadekar, A., Jadhav, V., Smith, J.A., McGorray, S., Bertone, A.L., Traktuev, D.O., March, K.L., Colon-Perez, L.M., Avin, K.G., Sims, E., Mund, J.A., Case, J., Deng, X., Kim, M.S., McDavitt, B., Boulton, M.E., Thinschmidt, J., Calzi, S.L., Fitz, S.D., Fuchs, R.K., Warden, S.J., McKinley, T., Shekhar, A., Febo, M., Johnson, P.L., Chang, L.J., Gao, Z., Kolonin, M.G., Lai, S., Ma, J., Dong, X., White, F.A., Xie, H., Yoder, M.C., Grant, M.B. (2017) Electroacupuncture promotes central nervous system-dependent release of mesenchymal stem cells. *Stem Cells.* **35**, 1303-1315. doi: 10.1002/stem.2613
10. Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud Tabasco.* **11**(1-2), 333-338.
11. Mendenhall, W., Beaver, R., Beaver, B. Introducción a la probabilidad y estadística. 13<sup>a</sup>. ed. Santa Fe – México : Cengage Learning Editores. 2010. ISBN-13: 978-607-481-466-8
12. Rajput A., Malik V., Pandey R.P. (2016) Clinical evaluation of acepromazine, xylazine and butorphanol in different combinations for standing sedation in horses. *IJVS.* **37**, 100-104.
13. Smith R.K.W. (2008) Tendon and ligament injury. *AAEP.* **54**, 475-501.
14. Alzola R., Easter C., Riggs C.M., Gardner, D.S., Freeman, S.L. (2018) Ultrasonographic-based predictive factors influencing successful return to racing after superficial digital flexor tendon injuries in flat racehorses: A retrospective cohort study in 469 Thoroughbred racehorses in Hong Kong. *Equine Vet. J.* **50**(5), 602-608. doi: 10.1111/evj.12810
15. Reef, V. (2001) Superficial digital flexor tendon healing: ultrasonographic evaluation of therapies. *J Med Imaging.* **17**(1), 159-178. doi: 10.1016/s0749-0739(17)30081-0
16. Xie, H., Preast, V. (2007) Xie's Veterinary Acupuncture. 1st ed. Blackwell Publishing, Iowa.
17. Kim, H.W., Kang, S.Y., Yoon, S.Y., Roh, D.H., Kwon, Y.B., Han, H.J., Lee, H.J., Beitz, A.J., Lee, J.H. (2008) Low-frequency electroacupuncture suppresses zymosan-induced peripheral inflammation via activation of sympathetic post-ganglionic neurons. *Brain Res.* **75** (5), 698-705. doi: 10.1016/j.brainresbull.2007.11.015

18. Zhao, Z.Q. (2008) Neural mechanism underlying acupuncture analgesia. *Prog Neurobiol.* **85**, 355-375. doi: 10.1016/j.pneurobio.2008.05.004
19. Zhang, H., Sun, J., Xin, X., Huo, Z., Li, D. (2018) Contralateral electroacupuncture relieves chronic neuropathic pain in rats with spared nerve injury. *Med Sci.* **24**, 2970 – 2974. doi: 10.12659/MSM.909741
20. Dowling, B.A., Dart, A.J., Hodgson, D.R., Smith, R.K.W. (2000) Superficial digital flexor tendonitis in the horse. *Equine Vet J.* **32**(5), 369-378. doi: 10.2746/042516400777591138
21. Fenwick, S.A., Hazleman, B.L., Riley, G.P. (2002) The vasculature and its role in the damaged and healing tendon. *Arthritis Res.* **4**, 252-260. doi: 10.1186/ar416
22. Kubo, K., Yajima, H., Takayama, M., Ikebukuro, T., Mizoguchi, H., Takakura, N. (2010) Effects of acupuncture and heating on blood volume and oxygen saturation of human Achilles tendon in vivo. *Eur J Appl Physiol.* **109**, 545-550. doi: 0.1007/s00421-010-1368-z
23. Lundeberg, T. (2013) Acupuncture mechanisms in tissue healing: contribution of NO and CGRP. *Acupunct Med.* **31**, 7-8. doi:10.1136/acupmed-2013-010313
24. Wu, M.-L., Xu, D.-S., Bai, W.-Z., Cui, J.-J., Shu, H.-M., He, W., Wang, X.-Y., Shi, H., Su, Y.-S., Hu, L., Zhu, B., Jing, X.-H. (2015) Local cutaneous nerve terminal and mast cell responses to manual acupuncture in acupoint LI4 area of the rats. *J Chem Neuroanat.* **68**, 14-21. doi: 10.1016/j.jchemneu.2015.06.002
25. Bosch, G., Moleman, M., Barneveld, A., Weeren, P.R., Schie, H.T.M. (2011) The effect of platelet-rich plasma on the neovascularization of surgically created equine superficial digital flexor tendon lesions. *Scand J Med Sci Sports.* **21**, 554-561. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01070.x
26. Longhini, A.L.F., Salazar, T.E., Vieira, C., Trinh, T., Duan, Y., Pay, L.M., Calzi, S.L., Losh, M., Johnston, N.A., Xie, H., Kim, M., Hunt, R.J., Yoder, M.C., Santoro, D., McCarrel, T.M., Grant, M.B. (2019) Peripheral blood-derived mesenchymal stem cells demonstrate immunomodulatory potential for therapeutic use in horses. *PloS One.* **14**(3), 1-15. doi: 10.1371/journal.pone.0212642
27. Schnabel, L., Mohammed, H.O., Miller, B.J., McDermott, W.G., Jacobson, M.S., Santangelo, K.S., Fortier, L.A. (2007) Platelet rich plasma (PRP) enhances anabolic gene expression



- patterns in *flexor digitorum superficialis* tendons. *J Orthop Res.* **25**, 230-240. doi: 10.1002/jor.20278
28. Carmona, J.U., López, C. (2011) Tendinopatía del tendón flexor digital superficial y desmopatía del ligamento suspensorio en caballos: fisiopatología y terapias regenerativas. *Arch Med Vet.* **43**, 203-214. doi: 10.4067/S0301-732X2011000300002
29. Dragoo, J.L., Braun, H., Durham, J.L., Ridley, B.A., Odegaard, J.I., Luong, R., Arnoczky, S.P. (2012) Comparison of the acute inflammatory response of two commercial platelet-rich plasma systems in healthy rabbit tendons. *Am J Sports Med.* **40**(6), 1274-1281. doi: 10.1177/0363546512442334
30. Geburek, F., Gaus, M., Schie, H.T.M., Rohn, K., Stadler, P.M. (2016) Effect of intralesional platelet-rich plasma (PRP) treatment on clinical and ultrasonographic parameters in equine naturally occurring superficial digital flexor tendinopathies – a randomized prospective controlled clinical trial. *BMC Vet Res.* **12**, 191-207. doi: 10.1186/s12917-016-0826-1
31. Crass, J.R., Genovese, R.L., Render, J.A., Bellon, E.M. (1992) Magnetic resonance, ultrasound and histopathologic correlation of acute and healing equine tendon injuries. *Vet Radiol Ultrasound.* **33**(4), 206-216. doi: 10.1111/j.1740-8261.1992.tb00135.x
32. Almeida, M.S., Aro, A.A., Guerra, F.R., Vieira, C.P., Vidal, B.C., Pimentel, E.R. (2012) Electroacupuncture increases the concentration and organization of collagen in a tendon healing model in rats. *Connect Tissue Res.* **53**(6), 542-547. doi: 10.3109/03008207.2012.710671
33. Imaeda, M., Hojo, T., Kitakoji, H., Kazuto, T., Itoi, M., Inoue, M. (2018) Effect of electroacupuncture stimulation on long-term recovery following Achilles tendon rupture in a rat model. *Acupunct Med.* **36**, 327-332. doi:10.1136/acupmed-2016-011292
34. Inoue, M., Nakajima, M., Oi, Y., Hojo, T., Itoi, M., Kitakoji, H. (2015) The effect of electroacupuncture on tendon repair in a rat Achilles
35. Silver, F.H., Horvath, I., Foran, D.J. (2002) Mechanical implications of the domain structure of fiber-forming collagens: comparison of the molecular and fibrillar flexibilities of the  $\alpha 1$ -chains found in types I–III collagen. *J Theor Biol.* **216**, 243-254. doi: 10.1006/jtbi.2002.2542

36. Enwemeka, C.S. (1989) Inflammation, cellularity, and fibrillogenesis in regenerating tendon: implications for tendon rehabilitation. *Phys Ther.* **69**, 816-825. doi: 10.1093/ptj/69.10.816
37. Xie, H., Preast, V. (2013) Traditional Chinese veterinary medicine. 2nd edn. Chi Institute Press, Florida.
38. Almeida, M.S., Guerra, F.R., Oliveira, L.P., Vieira, C.P., Pimentel, E.R. (2014) A hypothesis for the anti-inflammatory and mechanotransduction molecular mechanisms underlying acupuncture tendon healing. *Acupunct Med.* **32**, 178-182. doi: 10.1136/acupmed-2013-010455
39. Langevin, H.M., Bouffard, N.A., Badger, G.J., Churchill, D.L., Howe, A.K. (2006) Subcutaneous tissue fibroblast cytoskeletal remodeling induced by acupuncture: evidence for a mechanotransduction-based mechanism. *J Cell.* **207**, 767-774. doi: 10.1002/jcp.20623
40. Lin, J.G., Chen, W.L. (2008) Acupuncture analgesia: a review of its mechanisms of actions. *Am J Chin Med.* **36**(4), 635-645. doi: 10.1142/S0192415X08006107
41. Zhang, S.P., Zhang, J.S., Yung, K.K.L., Zhang, H.Q. (2004) Non-opioid-dependent anti-inflammatory effects of low frequency electroacupuncture. *Brain Res.* **62**, 327-334. doi: 10.1016/j.brainresbull.2003.10.002

**ANEXO 1.****CONSENTIMIENTO INFORMADO**

El presente documento de consentimiento informado ha sido preparado para informar al **PROPIETARIO o REPRESENTANTE LEGAL** (\_\_\_\_\_) con **Nº de DNI:** \_\_\_\_\_ sobre el procedimiento a realizar en el caballo, así como las contraindicaciones y posibles complicaciones de la terapia.

La persona que figura como **PROPIETARIO o REPRESENTANTE LEGAL** del caballo autoriza a **LA TESISISTA (MARIANA LEONOR MUÑOZ ALBA)** con **Nº de DNI: 76396954** para que realice los tratamientos necesarios siguiendo el protocolo establecido en la resolución del proyecto de tesis denominado **“COMPARACIÓN EN EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE TENDINITIS DEL FLEXOR DIGITAL SUPERFICIAL EN CABALLOS DE CARRERA UTILIZANDO ELECTROACUPUNTURA Y PLASMA RICO EN PLAQUETAS EN EL HIPÓDROMO DE MONTEERRICO, LIMA – PERU”** el cual estará supervisado por el **MÉDICO VETERINARIO (SABINO ARTURO ARIAS QUISPE)** con **Nº de DNI: 40474657** y **Nº de colegiatura: 5575**.

**DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO**

La acupuntura se basa en la medicina tradicional china que incluye la inserción de agujas finas en puntos específicos (acupuntos), los cuales se han comprobado de ser áreas de la piel con altas concentraciones de terminaciones nerviosas, plexos nerviosos, vasos linfáticos, arteriolas y vénulas (Pellegrini *et al.*, 2018). La EA incentiva la liberación endógena de opioides en el sistema nervioso central, mecanismo de inhibición descendente serotoninérgico, regulación positiva del receptor local de opioides, liberación local de factores que amortiguan la liberación de sustancias pro inflamatorias y estimula la movilización de células madre mesenquimales (Salazar *et al.*, 2017). Como resultado, favorece la rápida reparación del tendón con heterogeneidad en las fibras de colágeno, lo que le permite al tendón resistir mayores fuerzas tensiles y, con ello, evitar lesiones futuras (Almeida *et al.*, 2015).

El grupo de EA recibirá terapia tres veces por semana en los acupuntos Intestino Grueso-3/4, Intestino Delgado-3, Pericardio-8, y Vesícula biliar-34, a una intensidad de 2 mA con 1 Hz por 30 minutos. Al grupo con PRP se realizará una infiltración eco guiada nivel de la zona máxima de lesión del tendón a una concentración de  $1 \times 10^6$  plaquetas/ $\mu$ L. El primer grupo (EA) será evaluado mediante ecografías semanales durante 56 días o hasta la resolución de la lesión, mientras que el segundo grupo (PRP) será evaluado ecográficamente cuatro semanas después de la aparición de la lesión.

**CONTRAINDICACIONES**

- Neoplasias
- Área de tratamiento con zonas isquémicas o infectadas
- Trastornos en la capacidad de coagulación
- Yeguas preñadas
- Animales extremadamente débiles o fatigados
- Animales con problemas cardíacos

**POSIBLES COMPLICACIONES**

- Hematomas
- Ruptura de la aguja dentro de la piel del paciente
- Reacciones alérgicas

El **PROPIETARIO O REPRESENTANTE LEGAL** declara haber recibido información completa sobre el procedimiento, riesgos y contraindicaciones del tratamiento, los cuales ha comprendido y acepta. Asimismo, autoriza a **LA TESISTA** y al **MÉDICO VETERINARIO** realizar el procedimiento al caballo

\_\_\_\_\_.

El **PROPIETARIO O REPRESENTANTE LEGAL** exonera civil y penalmente al **MÉDICO VETERINARIO** a cargo y **LA TESISTA** por las posibles complicaciones externas al tratamiento o por reacciones inherentes del animal a la terapia.

\_\_\_\_\_  
**FIRMA DEL PROPIETARIO O REPRESENTANTE LEGAL**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**Nº DE DNI:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**FIRMA DE LA TESISTA**

**NOMBRE: MARIANA LEONOR MUÑOZ ALBA**

**Nº DE DNI: 76396954**

\_\_\_\_\_  
**FIRMA DEL MÉDICO VETERINARIO**

**NOMBRE: SABINO ARTURO ARIAS QUISPE**

**Nº DE DNI: 40474657**