

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE VETERINARIA**



TESIS DOCTORAL

**Evaluación de los efectos del vendaje neuromuscular sobre la
columna toraco-lumbar del caballo: determinación de
umbrales nociceptivos mecánicos y variaciones de
temperatura superficial**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Marta García Piqueres

Directora

Paloma Forés Jackson

Madrid

© Marta García Piqueres, 2021

Evaluación de los efectos del **vendaje neuromuscular** sobre la columna toraco-lumbar del caballo: determinación de umbrales nociceptivos mecánicos y variaciones de temperatura superficial.



Marta García Piqueres
Madrid, 2020



Departamento de Medicina y Cirugía Animal
Facultad de Veterinaria
Universidad Complutense de Madrid

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE VETERINARIA



TESIS DOCTORAL

Evaluación de los efectos del vendaje neuromuscular sobre la columna toraco-lumbar del caballo: determinación de umbrales nociceptivos mecánicos y variaciones de temperatura superficial.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Marta García Piqueres

DIRECTOR

Paloma Forés Jackson

MADRID, 2020

*Caminante, son tus huellas
el camino y nada más;*

*Caminante, no hay camino,
se hace camino al andar.*

*Al andar se hace el camino,
y al volver la vista atrás
se ve la senda que nunca
se ha de volver a pisar.*

*Caminante no hay camino
sino estelas en la mar.*

Antonio Machado

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a todas aquellas personas que me han apoyado en este camino.

A Paloma Forés, por su ayuda, sus consejos y sus ánimos durante estos 15 años, desde mi primera matrícula en el doctorado. Por apoyarme en este camino que hasta yo misma, en muchos momentos, pensé que nunca terminaría.

A Ricardo García Mata, por toda su ayuda con el análisis estadístico, una de las piedras más grandes que me encontré en el camino, y que sin su colaboración no habría podido sortear.

A Carmen y a todo el personal de la hemeroteca de la Facultad de Veterinaria, que siempre están ahí cuando necesitas ayuda para encontrar un artículo.

A Marc Van Zuilen, excepcional profesional de la fisioterapia y quien me adentró hace ya unos cuantos años en el mundo del vendaje neuromuscular cuando apenas se había aplicado en caballos. Tus conocimientos y tu ayuda han sido fundamentales en este proceso.

A Luis Revuelta, por su inestimable ayuda con el uso de la termografía, por su disponibilidad y amabilidad para ayudarme en todo momento.

A William Ahern (Atena SL) y Peter Thissen (VetkinTape®) por facilitarme el vendaje para poder llevar a cabo este estudio, y a Josep Oliver (EPTE®) por cederme el ecógrafo inalámbrico empleado para la localización de las apófisis espinosas.

A Ignacio Álvarez y Polly Taylor por sus consejos en la utilización del algómetro.

A todos los propietarios que amablemente me prestaron sus caballos para poder realizar las pruebas; muchas gracias Julio, Marta, Nuria, Ana, Paula, Susana, Fiona, Bárbara, Lucía, Miguel y Pepe, sin vuestra colaboración no habría podido hacerlo. Gracias a todos el personal de los centros hípicos donde estuve trabajando y especialmente a Pepe Chicote por cederme sus instalaciones (HCV Virgen de las Nieves), caballos y medios para poder desarrollar gran parte de las pruebas clínicas y estar siempre dispuesto a ayudar con todo lo que se le propone. Gracias Lucía (Yeguada Casavieja) por dejarme siempre caballos y sitio donde trabajar.

A mi familia, amigos y colegas de profesión, porque son los que me han permitido crecer personal y profesionalmente, y sin ellos ningún proyecto tendría sentido.

A todos los profesionales que con su trabajo y su esfuerzo colaboran en el desarrollo de la fisioterapia equina para que cada vez tengamos mejores herramientas terapéuticas.

Y por supuesto quiero agradecer a todos los caballos que han formado parte de este estudio y a los que se han cruzado en mi vida, por ser el motor de todo esto.

CONTENIDO

RESUMEN.....	11
SUMMARY.....	15
1. Introducción	19
2. Contexto bibliográfico	25
A. Anatomía de la región toraco-lumbar	27
I. Anatomía vertebral de la región toraco-lumbar	27
II. Anatomía de tejidos blandos de la región toraco lumbar.....	30
B. El dolor de dorso en el caballo	34
I. Bases fisiológicas del dolor	34
II. Métodos para la detección y cuantificación del dolor en los caballos	36
III. Manifestaciones clínicas de dolor de dorso	38
C. Evaluación clínica del dorso	40
I. Observación	41
II. Palpación	42
III. Movilización	44
IV. Análisis dinámico	46
D. Diagnóstico por imagen de las patologías de dorso	47
I. Radiología	47
II. Ecografía	48
III. Termografía	49
E. Diagnóstico complementario: Algometría	55
I. Bases de la algometría	55
II. El algómetro	56
III. Utilización del algómetro en caballos	56
IV. Estudio y valoración de umbrales nociceptivos	63

V.	Limitaciones de la técnica	66
F.	Patologías que afectan a la región toraco-lumbar del caballo	66
I.	Patología articular y ósea	67
II.	Patología ligamentosa	69
III.	Patología muscular	69
G.	Tratamiento de las patologías del dorso	70
H.	Vendaje neuro-muscular	74
I.	Introducción a la técnica de vendaje neuro-muscular	74
II.	Importancia del movimiento en la aplicación del vendaje neuromuscular.....	75
III.	Fascia y tensegridad: su papel en los efectos terapéuticos del vendaje neuro-muscular	76
IV.	Características técnicas del vendaje	77
V.	Efectos terapéuticos del vendaje neuro-muscular	80
VI.	Bases de la aplicación del vendaje neuro-muscular	86
VII.	Características de la aplicación en caballos	90
VIII.	Técnicas aplicadas al caballo	91
IX.	El vendaje neuro-muscular en la patología de dorso del caballo	95
3.	Justificación del estudio	97
4.	Objetivos	101
A.	Objetivo principal	
B.	Objetivos secundarios	
5.	Materiales y Métodos	105
A.	Materiales	107
I.	Descripción de los individuos Criterios de inclusión / exclusión	107
II.	Equipos	111
B.	Métodos	115
I.	Experimentos previos al desarrollo del estudio	115
II.	Métodos de medición	121

III.	Protocolo experimental	124
IV.	Análisis estadístico	132
6.	Resultados	133
A.	Hallazgos clínicos	135
B.	Determinación de umbrales nociceptivos mecánicos mediante algómetro de presión	139
I.	Repetibilidad de la prueba de algometría de presión	139
II.	Acomodación / sensibilización	139
III.	Determinación de los umbrales nociceptivos mecánicos	140
IV.	Tolerancia a la medición con algómetro	142
C.	Determinación de la temperatura mediante cámara termográfica	143
I.	Condiciones ambientales.....	148
7.	Discusión	149
A.	Hallazgos clínicos	151
B.	Efecto analgésico del vendaje neuromuscular	152
C.	Consideraciones respecto al empleo de la algometría de presión en caballos	155
I.	Umbrales nociceptivos mecánicos: valores absolutos	155
II.	Elección de la punta	156
III.	Tasa de presión	156
IV.	Repetibilidad	157
V.	Acomodación /sensibilización	157
VI.	Tolerancia a la prueba	158
D.	Efecto del vendaje neuromuscular sobre la circulación local	158
I.	Influencia de la temperatura ambiente	164
E.	Consideraciones referentes al vendaje neuro muscular	165
I.	Grado de estiramiento del vendaje	165
II.	Durabilidad y tolerancia	169

F. Limitaciones del estudio	170
8. Conclusiones	173
9. Bibliografía	177
10. Anexos	195
A. Consentimiento informado	197
B. Cuaderno de recogida de datos	198
C. Listado de figuras	203
D. Listado de tablas	207

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Los niveles de exigencia deportiva actual, unidos al control de sustancias dopantes, han dado lugar a la incorporación de la fisioterapia como complemento al tratamiento médico-quirúrgico de patologías músculo-esqueléticas del caballo, especialmente en la región del dorso.

La fisioterapia ofrece técnicas terapéuticas no invasivas, no farmacológicas, que incorporan programas de rehabilitación dinámica para la mejora de la funcionalidad, la prevención de lesiones y la optimización del potencial físico del caballo.

El vendaje neuromuscular es una técnica extrapolada de fisioterapia humana que se basa en la aplicación de un vendaje elástico sobre la piel con el objetivo de generar efectos analgésicos, musculares, circulatorios y de corrección postural. Según el creador de la técnica, el Dr. Kenzo Kase, los mecanismos por los cuales produce estos efectos van ligados al estímulo que produce sobre los mecano receptores cutáneos y la elevación del tejido que genera al ser aplicado en estiramiento (circunvoluciones).

Es una técnica de bajo coste, escasas complicaciones y fácil de aplicar, que se ha desarrollado notablemente en el ámbito de la fisioterapia equina en la última década pero de la que aún existe una carencia de estudios científicos que evalúen la técnica y sus efectos en caballos.

OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación es evaluar el efecto del vendaje neuromuscular sobre el umbral nociceptivo mecánico de las apófisis espinosas de la región toraco-lumbar del caballo, así como sobre la temperatura superficial.

Los objetivos secundarios son evaluar las características del vendaje utilizado, comparar los efectos descritos cuando se aplica la técnica de “aumento de espacio” respecto de la aplicación de un vendaje placebo, y valorar la tolerancia del caballo al vendaje neuromuscular y a la medición con algómetro de presión sobre su columna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se incluyeron 15 caballos montados regularmente, que fueron sometidos a dos pruebas distintas, en orden aleatorio.

Cada prueba consistía en la aplicación de vendaje neuromuscular sobre cinco apófisis espinosas de la región toraco-lumbar (T12, T15, T18, L2, L4), localizadas mediante ecografía. En una de las pruebas el vendaje se aplicaba en base a la técnica descrita como “aumento de espacio”, imprimiendo un estiramiento al vendaje del 50% de su longitud basal, previo a su adhesión sobre la piel (T50%), en la otra prueba el vendaje se aplicaba sin estiramiento (T0%).

Se realizan mediciones clínicas antes de colocar el vendaje y tras su retirada, en ambas pruebas (tono muscular y sensibilidad paravertebral, sensibilidad sobre las apófisis espinosas estudiadas, movilidad toraco-lumbar).

Los caballos fueron evaluados con algómetro de presión y termografía en distintos momentos de la aplicación del vendaje:

- ❖ Evaluación basal (M0): medición de umbrales nociceptivos mecánicos y toma de imágenes termográficas basales. Aplicación del vendaje.
- ❖ Evaluación a los 60 minutos de la aplicación del vendaje (M1): medición de umbrales nociceptivos mecánicos y toma de imágenes termográficas.
- ❖ Evaluación a las 24 horas de la aplicación del vendaje (M2): toma de imágenes termográficas. Retirada del vendaje.
- ❖ Evaluación a los 15 minutos de retirado el vendaje (M3): medición de umbrales nociceptivos mecánicos y toma de imágenes termográficas.

En cuanto al análisis estadístico, las diferencias entre los distintos momentos de medición de umbrales nociceptivos y de temperatura local, fueron evaluadas con un test T de Student pareado o un test de rangos signados de Wilcoxon según indicara en cada caso la normalidad de los datos.

RESULTADOS

Se observa un aumento significativo de los umbrales nociceptivos mecánicos a los 60 minutos de aplicado el vendaje (M1) en ambas pruebas (p valor <0.05), es decir, una mayor tolerancia a la presión generada por el algómetro que se traduce en un efecto analgésico. Este aumento no se mantuvo tras la retirada del vendaje a las 24 horas (M3). Sin embargo, clínicamente, la sensibilidad a la palpación disminuyó en prácticamente todas las apófisis espinosas que habían presentado dolor en la evaluación basal, en ambas pruebas.

No se observan cambios significativos en el análisis comparativo de las medias de umbrales nociceptivos mecánicos entre ambas pruebas ($p > 0.05$).

Respecto a la temperatura local, se detectan aumentos discretos a los 60 minutos de colocar el vendaje respecto de la evaluación basal, con escasa relevancia estadística (p valor > 0.05) excepto en T12, apófisis sobre la que se detecta la mayor elevación de la temperatura (p valor <0.05 para ambas pruebas). La comparativa M0-M2 muestra una tendencia a la disminución de la temperatura 24 horas tras la aplicación del vendaje, que tiende a normalizarse tras su retirada (M3), pero con

escasa relevancia estadística (p valor >0.05) en ambas comparativas (M0-M2 y M0-M3).

Tras algunas mediciones con el algómetro se observaron pequeñas depresiones en la piel en las zonas de contacto, que no generaban lesión y desaparecían tras unos minutos. En torno al 40% de los caballos, mostraron signos de molestia en grado leve durante la evaluación con el algómetro, que no alteraron la toma de las mediciones.

Al retirar el vendaje ningún caballo evidenció signos de alteración en la piel.

CONCLUSIONES

El vendaje neuromuscular aplicado sobre las apófisis espinosas del caballo, con y sin estiramiento, produce un aumento del umbral nociceptivo mecánico a los 60 minutos de ser colocado, lo que puede traducirse en un efecto analgésico. Este aumento no se mantiene tras la retirada del vendaje aunque clínicamente se produce una mejoría significativa de la sensibilidad a la palpación de las apófisis espinosas.

Esta aplicación de vendaje no produce modificaciones significativas en la temperatura local a corto plazo, en ninguna de las dos condiciones evaluadas (vendaje con y sin estiramiento).

Según nuestros resultados, estirar el vendaje un 50% no aportaría ningún beneficio, en términos de umbrales nociceptivos y temperatura local, frente a no estirarlo.

Los caballos presentan buena tolerancia al vendaje neuromuscular y a la técnica de algometría de presión aplicada sobre la columna toraco-lumbar. La durabilidad del vendaje es adecuada en las condiciones estudiadas.

SUMMARY

Evaluation of Kinesio taping applied to the equine thoracolumbar spine: determination of mechanical nociceptive thresholds and surface temperature variations.

INTRODUCTION

The physical demands of current sport standards, together with performance-enhancing drug controls, have led to the incorporation of physiotherapy as an adjunctive treatment in the medical-surgical approach to musculoskeletal pathologies of the horse, particularly in the back region.

Physiotherapy offers non-invasive and non-pharmacological techniques that include dynamic rehabilitation to improve functionality, prevent injuries and optimise the horse's physical potential.

Kinesio taping is a technique extrapolated from human physiotherapy consisting of the application of an elastic tape to the skin to trigger analgesic, muscular and circulatory effects in addition to postural correction. According to Dr. Kenzo Kase, the inventor of the technique, the mechanisms involved in causing these effects are linked to the stimulus they apply to the skin's mechanoreceptors and the tissue lifting generated by the application in tension (convolutions).

It is a low-cost, easily applicable technique with minimal complications that has been extensively developed in the world of equine physiotherapy over the last decade. Nonetheless, there remains a lack of scientific studies demonstrating its effects on horses.

ENDPOINTS

The primary endpoint of this research is to assess the effect of kinesio taping on the mechanical nociceptive threshold of the horse's thoracolumbar spinous processes, and on surface temperature.

The secondary endpoints include an assessment of the characteristics of the taping employed, a comparison of the effects described when the space correction technique was used versus the application of sham taping, and an evaluation of the horse's tolerance of the kinesio taping and of the pressure algometer measurement on its spine.

MATERIALS AND METHODS

15 frequently mounted horses, subjected to two different tests in random order, were included.

Each test consisted of kinesio taping application on five thoracolumbar spinous processes (T12, T15, T18, L2, L4), located using ultrasound. In one of the tests, taping was applied according to the so-called “space correction” technique, stretching the tape by 50% of its basal length, prior to adhesion on the skin (T50%), while in the other test taping was applied without stretching (T0%).

Clinical measurements (muscle tone and paravertebral sensitivity, sensitivity on the spinous processes studied, thoracolumbar mobility) were taken prior to application of the tape and following its removal, in both tests.

The horses were assessed using a pressure algometer and thermography in different stages of the taping application:

- ❖ Basal assessment (M0): measurement of mechanical nociceptive thresholds and basal thermal images taken. Taping application.
- ❖ Assessment 60 minutes following application of the taping (M1): measurement of mechanical nociceptive thresholds and thermal images taken.
- ❖ Assessment 24 hours following application of the taping (M2): thermal images taken. Removal of the taping.
- ❖ Assessment 15 minutes following removal of the taping (M3): measurement of mechanical nociceptive thresholds and thermal images taken.

In the statistical analysis, the differences between the different measurement times of the nociceptive thresholds and local temperature were assessed with a paired Student’s t-test or a Wilcoxon signed rank test as indicated by the data normality in each case.

OUTCOMES

A significant increase in the mechanical nociceptive thresholds 60 minutes following application of the tape (M1) was observed in both tests (p value <0.05), or in other words, a higher tolerance of the algometer pressure applied which translates into an analgesic effect. This increase did not persist following removal of the taping 24 hours after application (M3). However, clinically, palpation sensitivity decreased in practically all the spinous processes that had presented with pain in the basal assessment, in both tests.

No significant changes were observed in the comparative analysis of the mean mechanical nociceptive thresholds between the two tests ($p>0.05$).

Regarding the local temperature, small increases were detected 60 minutes after application of the taping compared to the basal assessment, with little statistical relevance ($p>0.05$) except in T12, the spinous process with the highest temperature

increase observed ($p > 0.05$ in both tests). The M0-M2 comparison showed a downwards trend in temperature 24 hours after application of the taping, which tended to normalise following its removal (M3), but with little statistical relevance (p value > 0.05) in either comparison (M0-M2 and M0-M3).

Following some algometer measurements, small depressions in the skin were observed in the zones where it had come into contact with the tip. These did not result in lesions and disappeared after a few minutes. Around 40% of the horses presented a mild degree of discomfort during algometer assessments, that did not affect the measurement taking.

Removal of the tape did not result in signs of skin alterations in any horse.

CONCLUSIONS

Kinesio taping applied to the horse's spinous processes, with or without tension, causes an increase in the mechanical nociceptive threshold 60 minutes following application, which may translate into an analgesic effect. This increase does not persist following removal of the taping although there is a significant improvement in the clinical sensitivity to palpation of the spinous processes.

This taping application does not trigger significant short-term changes in the local temperature in either of the two conditions evaluated (kinesio taping with and without tension).

According to our outcomes, stretching the tape by 50% does not result in any benefit in terms of nociceptive thresholds and local temperature compared to not stretching it.

The horses presented good tolerance of the kinesio taping and the pressure algometer technique applied to the thoracolumbar spine. The durability of the taping is adequate in the conditions studied.

1. INTRODUCCIÓN

El dorso del caballo es una estructura fundamental en su biomecánica ya que actúa como nexo transmisor del movimiento entre su tercio posterior y anterior; así mismo constituye el elemento de soporte para el peso del jinete y de sus órganos torácicos y abdominales.

Aunque tradicionalmente se ha prestado mayor atención a las patologías que afectan a los miembros, por ser mayoritariamente las causantes de las temidas cojeras, el dorso presenta una incidencia de patologías que no puede ser menospreciada. Esta incidencia se ha estudiado en caballos de distintas disciplinas con porcentajes muy variados, que alcanzan hasta el 85% en caballos de escuela (Lesimple et al. 2013), los que mayoritariamente se han empleado en este estudio.

La obtención de un diagnóstico definitivo y certero de la patología que está generando el dolor de dorso, en ocasiones sigue siendo todo un reto debido a la dificultad de acceso a determinadas regiones anatómicas con los métodos de diagnósticos clínicos y por imagen, y también debido a la variedad de síntomas que los caballos manifiestan, que en su mayoría se refieren a pérdidas de rendimiento deportivo y alteraciones en el comportamiento (Riccio et al. 2018).

Los fallos en la detección precoz de estos síntomas por parte de los jinetes, retrasan el diagnóstico y la aplicación de un tratamiento, empeorando su pronóstico. Se ha estimado que en base a la sintomatología de dolor dorso detectada por los jinetes, la prevalencia de estas patologías en una población de caballos era del 22% mientras que las pruebas clínicas realizadas a esos animales encontraban lesiones en el 85% de los casos (Lesimple et al. 2013).

Las exigencias actuales de la competición deportiva equina, requieren una constante evolución de los métodos de diagnóstico y tratamiento de las patologías, para optimizar su eficacia, así como un marcado desarrollo del campo de la prevención y mejora del rendimiento deportivo.

Así, la medicina deportiva equina se encuentra en constante evolución y desde hace años ha incorporado técnicas de fisioterapia, extrapoladas de humana, para complementar el abanico terapéutico, y ofrecer mayores posibilidades de recuperación con una menor incidencia de recidivas.

A día de hoy, se reconoce que un enfoque integrado de la cirugía, la medicina veterinaria y la fisioterapia es el camino del futuro en la prevención, diagnóstico y tratamiento de las lesiones; la combinación de técnicas fisioterapéuticas junto con las técnicas de medicina veterinaria convencional, incrementa notablemente las probabilidades de éxito (Kaneps 2016).

La fisioterapia se define como la ciencia de la prevención y del tratamiento de lesiones músculo-esqueléticas por medio de agentes físicos. Las herramientas con las que trabaja son variadas y pueden agruparse en electroterapia, terapia manual y técnicas de ejercicio terapéutico. Entre sus beneficios destaca el hecho de que en su mayoría no son invasivas ni requieren el uso de fármacos, permiten el control del dolor y la inflamación, la estimulación de la reparación tisular, así como la recuperación funcional y la optimización del potencial físico y deportivo.

En esta línea, el enfoque terapéutico actual de los problemas de dorso, se realiza combinando el tratamiento médico con el fisioterapéutico, y sin olvidar unos cambios en el manejo de la rutina deportiva del caballo que permitan mejorar su bienestar (Marks 1999).

El hecho de que cerca del 90% de la actividad clínica de los profesionales del ámbito de la fisioterapia equina esté dirigida al tratamiento de patologías de dorso, pone de manifiesto la relevancia de estas técnicas en dichas patologías (Ross and Dyson 2003).

La técnica de vendaje neuromuscular (VNM), también conocida como “Kinesio Taping”, se engloba dentro del abanico de técnicas con las que cuenta la fisioterapia, y basa sus efectos en la actuación sobre la piel y sus receptores para lograr efectos analgésicos, propioceptivos, circulatorios, de activación o relajación muscular, y sobre el sistema fascial.

Es una técnica relativamente nueva, diseñada por el Dr. Kenzo Kase en los años 70 en Japón, quien tomando como modelo la piel, diseñó un tipo de venda similar en condiciones a ésta, y una técnica de aplicación que permitía prolongar el efecto terapéutico tras la sesión de tratamiento, sin limitar la funcionalidad estructural del segmento vendado, como sí hacían los vendajes convencionales.

No fue hasta la primera década de los 2000 que su uso se extrapoló al campo veterinario, siendo los caballos los primeros receptores de la misma debido a su aptitud eminentemente deportiva y a la longitud de su pelo, que favorece la adhesión del vendaje respecto de otras especies animales como pueden ser los gatos o muchas razas de perros. La sencillez de su aplicación y su bajo coste, hacen de ella una herramienta accesible y de uso habitual entre los profesionales del campo de la fisioterapia veterinaria.

En caballos, las aplicaciones más frecuentes del vendaje neuromuscular se localizan a nivel del dorso, ya que esta región responde de manera muy satisfactoria a los tratamientos fisioterapéuticos, frente a otros métodos convencionales. La técnica de aumento de espacio, aplicada sobre apófisis espinosas que evidencian dolor, técnicas fasciales para liberar restricciones a ese nivel o bien técnicas de detonificación muscular aplicadas a la musculatura paravertebral para relajarla, son algunas de las aplicaciones más habituales de este tipo de vendaje en el dorso del caballo (**figura 1**).

A pesar de los años transcurridos desde el inicio de su aplicación a caballos, y de su creciente expansión en el sector de la fisioterapia equina (muchos profesionales utilizan esta técnica y existen fabricantes de vendaje exclusivo para aplicación en caballos), los estudios científicos que avalan su eficacia son muy escasos.

En el campo de la fisioterapia humana, encontramos gran cantidad de estudios referentes a esta materia, sin embargo la multitud de técnicas descritas, las diferencias que existen entre vendas de distintos fabricantes y el abanico de modalidades de aplicación, dificultan la protocolización de los métodos de estudio y generan resultados en ocasiones antagónicos.



FIGURA 1. APLICACIÓN DE VENDAJE NEUROMUSCULAR

2. CONTEXTO BIBLIOGRÁFICO

A. ANATOMÍA DE LA REGIÓN TORACO-LUMBAR DEL CABALLO

El conocimiento detallado de la anatomía del dorso del caballo y su implicación biomecánica en la locomoción, resulta fundamental a la hora de realizar estudios sobre el mismo.

La región toraco-lumbar del caballo está comprendida por 18 vértebras torácicas, 6 vértebras lumbares y las estructuras musculares, articulares y ligamentosas que las acompañan. Se describen alteraciones en la fórmula vertebral pero siempre compensadas por un aumento o disminución en el número de vértebras en el segmento adyacente (Haussler 1999).

Sus funciones principales son dar protección a la médula espinal y nervios espinales, proporcionar soporte a las estructuras viscerales de la cavidad torácica y abdominal, y permitir la transmisión del movimiento generado en el tercio posterior hacia el tercio anterior, con una importante función en la biomecánica del equino.

La columna está compuesta por unidades funcionales, cuya estructura nos permite comprender la función biomecánica que presentan. Estas unidades funcionales se conocen también como segmentos de movilidad vertebral y están formados por dos vértebras adyacentes, junto con las estructuras de tejido blando que las rodean (Haussler 1999).

I. ANATOMÍA VERTEBRAL DE LA REGIÓN TORACO-LUMBAR

Las vértebras del segmento toraco-lumbar del caballo están formadas por un cuerpo vertebral, sobre el cual se sitúa el canal vertebral, delimitado por dos pedículos y una lámina dorsal. De estas estructuras emergen diversas apófisis y carillas articulares que permiten su relación con las vértebras craneales y caudales, así como con las estructuras de tejido blando que sobre ellas se insertan (ligamentos y músculos).

Los cuerpos vertebrales son convexos cranealmente y cóncavos caudalmente (cavidad glenoidea) y su forma cambia a lo largo de la columna toraco-lumbar, siendo los torácicos más redondeados frente a los último lumbares, que presentan una morfología aplanada dorso-ventralmente (Zaneb, Peham and Stanek 2013).

Se identifican dos tipos de articulaciones entre vértebras adyacentes; articulaciones fibrocartilaginosas, entre dos cuerpo vertebrales, y sinoviales, entre las facetas articulares situadas dorsalmente al canal medular.

Las articulaciones intervertebrales (fibrocartilaginosas) presentan un disco intervertebral formado por un núcleo pulposo y un anillo fibroso más externo. El anillo fibroso, debido a su composición de fibras en posición transversa,

proporciona estabilidad a la articulación, especialmente a nivel de rotación. El núcleo pulposo se encuentra poco desarrollado en la región toraco-lumbar del caballo. La función de estos discos intervertebrales es la absorción del impacto y el mantenimiento de la flexibilidad vertebral; además presentan gran cantidad de propioceptores y nociceptores.

En el interior del canal medular encontramos la médula espinal rodeada de líquido céfalo-raquídeo, grasa, plexos vasculares y las meninges, encargadas de proporcionar soporte y protección.

La orientación de las apófisis espinosas torácicas sigue una dirección caudal (ventrocraneal-dorsocaudal) hasta alcanzar la vértebra T16, considerada vértebra anticlinal, a partir de la cual la orientación comienza a ser dorso-ventral y va variando hacia una orientación craneal (craneodorsal-ventrocaudal). En la región sacra, la apófisis espinosa de S1 recupera la orientación caudal dando lugar a una marcada divergencia entre L6-S1, formando el espacio lumbo-sacro, que confiere un mayor rango de movimiento a esa zona (Zaneb et al. 2013).

Vértebras torácicas

La vértebra torácica típica presenta un cuerpo vertebral pequeño y cilíndrico, con una cresta ventral bien desarrollada en la región más craneal. Sus apófisis transversas son cortas y escasamente desarrolladas, y contactan con el tubérculo costal por medio de articulaciones costo-transversas.

Presentan apófisis mamilares, de pequeño tamaño y situadas cranealmente a los procesos transversos. Caudalmente a la vértebra anticlinal, estas apófisis mamilares se fusionan con los procesos articulares craneales (König and Liebich 2014).

Las vértebras torácicas se caracterizan por tener una apófisis espinosa muy larga y prominente, (especialmente a nivel de T3-T7), si se las compara con las apófisis transversas, de tamaño marcadamente reducido. Las apófisis espinosas de las primeras vértebras torácicas (general desde T3 hasta T11-T12) forman el área más craneal del dorso conocida como región de la cruz.

Se describen centros de osificación secundarios presentes en las apófisis espinosas desde T2 a T9, que deberían osificarse entre los 9 y los 14 años pero que a menudo no lo hacen y se mantienen abiertos (Jeffcott 2009). El resto de vértebras torácicas caudales a T9 no presentan estos centros de osificación secundarios pero sí bordes fibrocartilagosos (Haussler 1999).

Los bordes craneal y caudal de las apófisis espinosas son el lugar de inserción de los ligamentos interespinosos, mientras que en el borde dorsal se inserta el ligamento supraespinoso.

Cada vértebra presenta 12 carillas articulares, las dos de mayor tamaño se encuentran en el cuerpo vertebral (craneal y caudal) y presentan un disco intervertebral entre ellas, formando una articulación de tipo fibrocartilaginosa. Además existen cuatro facetas articulares situadas dorsalmente al canal vertebral (dos craneales y dos caudales) que dan lugar a articulaciones sinoviales. Estas

articulaciones presentan una orientación en 45° hasta aproximadamente T12 donde comienzan a verticalizarse, de manera progresiva, hasta alcanzar los 90° en la zona caudal torácica.

Las seis carillas articulares restantes las encontramos dorsales al cuerpo vertebral para articular con las costillas (3 facetas a cada lado de la vértebra). Cada cuerpo vertebral articula con dos costillas por lo que presenta 2 facetas articulares por cada lado de tipo esferoidal o cotiloidea (articulación costovertebral), y dos facetas articulares más, a nivel de la apófisis transversa que articulan con el tubérculo de la costilla (articulación sinovial costotransversa).

Vértebras lumbares

Las vértebras lumbares presentan un cuerpo vertebral cilíndrico aplanado dorso-ventralmente (más evidente a nivel caudal), de mayor longitud que el de las vértebras torácicas. Sus apófisis espinosas son más cortas que en el segmento precedente y su orientación es craneal. Cabe destacar el tamaño prominente de la cresta ventral en L1, L2 y L3.

Estas vértebras se caracterizan por tener apófisis transversas muy largas y aplanadas dorso-ventralmente, cuyas facetas articulares se encuentran en estrecho contacto a nivel de L5, L6 y S1, formando articulaciones sinoviales intertransversas, lo que limita los movimientos de lateroflexión y rotación del área lumbar.

Cada vértebra presenta 6 carillas articulares, dos para articular con el cuerpo vertebral craneal y caudal, y 4 que forman las facetas articulares (2 craneales y 2 caudales), con una orientación vertical (90°) lo que permite movimientos en el eje dorso-ventral. Los procesos articulares craneales se encuentran fusionados con las apófisis mamilares.

Las dos últimas vértebras lumbares (L5 y L6) presentan 10 carillas articulares en lugar de 6, ya que articulan además a nivel de sus procesos transversos.

Debido al cambio en la orientación de las apófisis espinosas entre L6 y S1 (L6 orientación craneal y S1 orientación caudal), se describe un amplio espacio palpable en la unión lumbo-sacra, con importantes repercusiones biomecánicas.

Es importante tener en cuenta que existen variaciones anatómicas congénitas en esta región, descritas en estudios realizados con caballos purasangre, que detectan un 36% de animales con similares características en el espacio L5-L6 a las del espacio L6-S1 (Hausler, Stover and Willits 1997).

En otro estudio realizado con cadáveres de 114 caballos (fundamentalmente PSI aunque también incluyen un porcentaje de otras razas) también se observaron variaciones en el segmento lumbo-sacro en el 33% de las muestras. Un 8 % evidenciaba cinco lumbares en lugar de seis, y el restante 25% presentaban el segmento de máxima dorso-flexión a nivel de L5-L6 en lugar de en L6-S1 (Stubbs et al. 2006).

II. ANATOMÍA DE LOS TEJIDOS BLANDOS DE LA REGIÓN TÓRACO-LUMBAR

Ligamentos

La estabilidad de la columna vertebral viene determinada por una serie de ligamentos que facilitan el mantenimiento de su integridad y la transmisión del movimiento a través de las articulaciones intervertebrales.

El **ligamento supraespinoso**, elemento fundamental de la relación dinámica del dorso y el cuello, se extiende sobre las apófisis espinosas de las vértebras torácicas y lumbares. Se origina a partir del **ligamento nucal**, que presenta dos porciones; cordón de la nuca o porción funicular, desde la cruz hasta el hueso occipital, y porción laminar, que corresponden a las inserciones del ligamento hacia las vértebras cervicales a través de los músculos dorsales del cuello.

A nivel torácico este ligamento nucal pasa a denominarse ligamento supraespinoso, de gran densidad, y que va disminuyendo su grosor a nivel lumbar; se encuentra ausente en el segmento L6-S1, lo que tiene una marcada relevancia a nivel biomecánico ya que su ausencia confiere una amplia capacidad de flexo-extensión a dicha región (Zaneb et al. 2013).

Ventral al ligamento supraespinoso, se sitúan los **ligamentos interespinosos** que conectan las apófisis espinosas de las vértebras torácicas y lumbares, proporcionando, en conjunto, estabilidad vertebral. Debido a la orientación oblicua de sus fibras, estos ligamentos interespinosos no impiden los movimientos de flexión y extensión vertebral, y son capaces de soportar las fuerzas rotacionales y distractoras, estabilizando la columna toraco-lumbar (Ehrle et al. 2017).

A nivel de estos ligamentos, se ha detectado una alta densidad de inervación sensitiva, lo que explica la sintomatología clínica tan severa que pueden manifestar caballos con procesos que afecten a estas estructuras (como ocurre en el caso de patología de superposición de apófisis espinosas) (Ehrle et al. 2017).

Los **ligamentos amarillos** (flavum) conectan las láminas de vértebras adyacentes y poseen un alto porcentaje de elastina para evitar su protrusión sobre el canal vertebral durante la extensión (Hausler 1999).

Los **ligamentos intertransversos** conectan las apófisis transversas de las vértebras lumbares adyacentes, y de esta manera van a limitar la lateroflexión en ese segmento.

Los cuerpos vertebrales se encuentran conectados por sínfisis articulares compuestas por un disco intervertebral fibroso, y dos ligamentos longitudinales. El **ligamento longitudinal dorsal** conecta el cuerpo vertebral de cada vértebra con el canal vertebral, reforzando la acción del disco intervertebral. El **ligamento longitudinal ventral** estabiliza, ventralmente, los cuerpos vertebrales entre sí.

Musculatura y fascia

La musculatura del dorso se puede dividir en extrínseca, formada por músculos que relacionan la columna toraco-lumbar con otras regiones, e intrínseca o musculatura propia del dorso, con origen e inserción en estructuras propias de la columna toraco-lumbar, incluyendo costillas y fascia (Agüera and Sandoval 1999).

Así mismo, los músculos que actúan sobre la columna se dividen en **epiaxiales** e **hipoaxiales**, en base a su localización, dorsal o ventral a los procesos transversos respectivamente.

- Los **músculos epiaxiales** se sitúan dorsalmente a los procesos transversos, están inervados por ramas dorsales de los nervios espinales y su función es la extensión cuando trabajan bilateralmente y la lateroflexión cuando trabajan unilateralmente.
- Los **músculos hipoaxiales** se sitúan ventralmente a los procesos transversos, están inervados por ramas ventrales de los nervios espinales y su función es la flexión de la columna si trabajan bilateralmente y la lateroflexión si lo hacen unilateralmente. Los músculos hipoaxiales se consideran musculatura extrínseca ya que presentan inserciones en estructuras óseas de los miembros.

La **musculatura extrínseca** del dorso, incluye músculos adyacentes a la musculatura intrínseca que se extienden hasta las costillas o los miembros. Son unidades de transmisión de fuerza entre el dorso y otras regiones corporales; asisten el movimiento de la porción proximal de los miembros y pueden actuar también sobre la movilidad vertebral. De esta manera su función es doble y va a depender de si es el miembro o la columna el elemento que se encuentra fijado en ese momento (actúan sobre el miembro si la columna está fijada o sobre la columna si es el miembro el que se encuentra apoyado).

El grupo de músculos extrínsecos relacionados con miembro torácico lo componen músculos dorsales, como son el braquiocefálico, omotransverso, trapecio, romboides y gran dorsal, y músculos ventrales como los músculos pectorales y el músculo serrato ventral.

A nivel pélvico, se consideran musculatura extrínseca todos aquellos músculos implicados en movimientos de protracción (por ejemplo iliopsoas, tensor de la fascia lata, recto femoral), retracción (musculatura isquio-tibial), abducción (musculatura glútea) y aducción (pectíneo, gracilis y aductor) de la porción más proximal del miembro.

Los **músculos hipoaxiales** de la columna se incluyen en este grupo; se consideran músculos flexores del raquis y se dividen según su localización en músculos de la pared del abdomen y músculos de la región lumbo-sacra.

La musculatura de la pared del abdomen sostiene las vísceras de la cavidad y está relacionada con los movimientos espiratorios. La componen los músculos **oblicuo externo, oblicuo interno, recto del abdomen y transverso del abdomen**.

La musculatura de la región lumbo-sacra se origina a distintos niveles de las últimas vértebras torácicas y tiene su inserción en ilion y fémur, accionando principalmente la curvatura lumbo-sacra. En algunos casos también participan en la protracción del miembro pelviano. Se trata de los músculos **psoas mayor, psoas menor e iliaco**. El músculo psoas mayor junto con el iliaco forman una entidad denominada iliopsoas, que se considera el mayor flexor de la articulación coxo-femoral y que además actúa sobre la columna induciendo flexión del segmento lumbar cuando el miembro se encuentra en estación (Zaneb et al. 2013)

La **musculatura intrínseca** puede dividirse en tres niveles de más superficial a más profundo; el primer segmento más superficial incluye los músculos serratos dorsales craneal y caudal, que asisten en los movimientos respiratorios gracias a su inserción en las costillas; ambos se originan a nivel de la fascia toraco-lumbar.

La segunda capa de musculatura intrínseca (epiaxial) es la más grande con una función eminentemente extensora del raquis, y está formada, de lateral a medial, por el músculo iliocostal, longísimo del dorso y espinal (**figura 2**). Estos músculos forman la principal sección muscular paravertebral y son los encargados de dar sostén a la columna y al peso del jinete cuando el caballo es montado.

El músculo **longísimo del dorso** se sitúa a lo largo de la región del dorso a ambos lados; se origina en la tuberosidad sacra, cresta ilíaca y cara ventral del ilion, insertándose en las apófisis transversas de las vértebras torácicas y lumbares. Es un músculo con una clara acción de sostén y principal encargado de la lateroflexión del raquis. Se describen diferencias en la geometría y disposición de sus fascículos en sus distintas regiones, lo que supone que su mecánica pueda variar en cada una de ellas. (Ritruchai, Weller and Wakeling 2008)

El músculo **espinal torácico** se encuentra medialmente respecto de los otros dos músculos del grupo, ocupando la región más caudal de la cruz bajo el músculo trapecio. El músculo **iliocostal** es el más externo de los extensores superficiales; se origina en las cinco últimas costillas y se inserta en las restantes y en la apófisis transversa de la 7ª cervical y con acción principal sobre la lateroflexión.

La capa más profunda de musculatura intrínseca del dorso está formada por músculos eminentemente estabilizadores de las vértebras, que refuerzan la acción pasiva de los ligamentos y están relacionados con la propiocepción. Son músculos cortos, con mayor proporción de fibras musculares tipo I (debido a su función de sostén y postural) que no abarcan más de 2-4 vértebras y que se sitúan en contacto directo con la columna, por lo que constituyen el grupo más medial de musculatura (Haussler 1999); se incluyen en este grupo los **músculos intertransversos, rotadores, músculos multífidos del dorso y elevadores de las costillas**.

La fascia toracolumbar es una porción de la fascia del dorso que cranealmente proviene de la fascia axilar y caudalmente pasa a formar la fascia glútea (Henson and Kidd 2009). Se inserta a nivel de los procesos espinosos toraco-lumbares y sobre el borde craneal del ala del ilion (Haussler 1999).

Esta potente aponeurosis sirve de inserción a numerosos músculos de la región toraco-lumbar y algunos músculos proximales de los miembros; está involucrada en procesos patológicos relacionados con el dolor de dorso (síndrome miofascial toraco-lumbar).

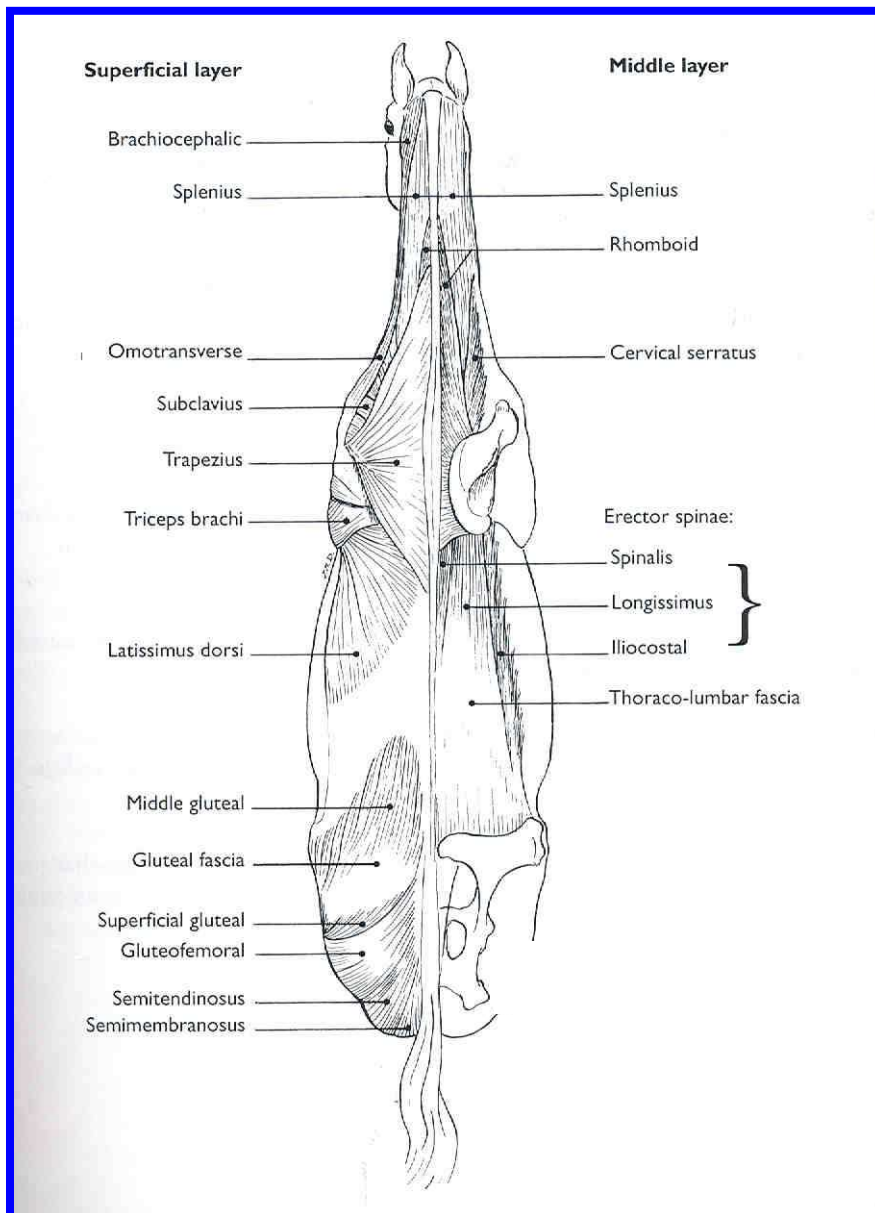


FIGURA 2. MUSCULATURA DE LA REGIÓN AXIAL DEL CABALLO.

DENOIX Y PAILLOUX, 2001

B. EL DOLOR DE DORSO EN EL CABALLO

I. BASES FISIOLÓGICAS DEL DOLOR

Según la “Asociación Internacional para el Estudio del Dolor” (www.iasp-pain.org), el dolor es una experiencia sensorial o emocional desagradable asociada con daño tisular real o potencial, o descrita en términos de dicho daño. La inhabilidad para comunicar verbalmente el dolor no elimina la posibilidad de que un individuo pueda estar padeciendo dolor, lo que pone en relieve la importancia de contar con sistemas que permitan detectar y cuantificar el dolor en animales.

El dolor constituye una alarma que permite al organismo protegerse de un daño ya que desencadena reacciones e induce conductas que permiten evitar o minimizar la causa generadora de dolor y limitar las consecuencias de su acción (Le Bars, Gozariu and Cadden 2001).

Todas las estructuras cutáneas están inervadas por un sistema periférico sensorial que protege a la piel frente a un daño. Estas fibras aferentes son las del tipo A- δ y C, fibras de nocicepción, capaces de responder selectivamente frente a estímulos potencialmente lesivos que superen el límite de tolerancia térmica, mecánica o química (McGlone and Reilly 2010).

La clasificación del dolor puede realizarse en base a la localización anatómica (superficial o visceral), a su intensidad (leve, moderado o severo) y a su duración (agudo, crónico). En base a su origen podemos hablar de dolor nociceptivo o adaptativo (derivado de la estimulación de nociceptores), que permite activar las respuestas necesarias para mantener la integridad del organismo, y prevenir un mayor daño, siendo esencial para la supervivencia. Por el contrario, el dolor maladaptativo no responde ni es proporcional a un daño tisular, resulta patológico en sí mismo, y genera una respuesta prolongada y exagerada a los estímulos, siendo muy difícil de manejar en animales por lo que es frecuente que dé lugar a conductas comportamentales anormales (Muir 2005).

Desde el punto de vista de la fisiología, la percepción del dolor requiere de la activación del sistema nervioso tanto central como periférico, ya que el dolor es modulado y procesado por los nervios periféricos, así como a nivel espinal y supraespinal (DeLeo 2006):

- ◆ Nivel periférico: el dolor detectado a través de los nociceptores, es conducido por fibras aferentes tipo A- δ y tipo C, que se caracterizan por tener un alto umbral y una falta de actividad espontánea en ausencia de estímulo doloroso.
- ◆ Nivel espinal: a este nivel las fibras nerviosas ya descritas contactan con las neuronas del asta dorsal de la médula espinal (interneuronas espinales), interaccionando por medio de la liberación de neurotransmisores (sustancia P, acetil-colina, GABA etc.). La modulación a este nivel dirige la información hacia vías ascendentes y elabora respuestas reflejas.

- ◆ Nivel supraespinal: una vez integrados y modulados los estímulos continúan hacia centros superiores por medio de vías ascendentes (tracto espino-talámico, espino-reticular, espino-mesencefálico...); una vez allí, neuronas de distintas regiones de la corteza cerebral responden selectivamente al input nociceptivo recibido.

El dolor sólo aparece tras la modulación de la nocicepción a nivel periférico, medular y supraespinal, y responde a un equilibrio entre los mensajes excitatorios y la capacidad inhibitoria medular (Romera et al. 2000).

El efecto analgésico que pueden generar ciertos agentes físicos (como las corrientes tipo TENS utilizadas en fisioterapia) cuando son aplicados en la piel en regiones doloridas, responde a esta capacidad de inhibición de estímulos nociceptivos que se lleva a cabo en el nivel espinal, y que fue descrita por Ronald Melzack y Patrick Wall en 1965. Según estos autores, la estimulación selectiva de fibras nerviosas de amplio diámetro y velocidad alta de conducción (fibras mielínicas A β), disminuye a nivel espinal el input transmitido por las fibras del dolor (delgadas y de baja velocidad de conducción, A δ y C), lo que genera la priorización de las sensaciones mecánicas que transmiten estas fibras mielínicas sobre la sensación de dolor, a nivel supraespinal (Melzack and Wall 1965). La analgesia por lo tanto, derivaría de la recepción en la corteza cerebral de un estímulo mecánico, priorizado a nivel espinal frente al estímulo doloroso, motivo por el cual a esta teoría también se le conoce como "Gate Control" (control de puerta) o "priorización de la vía rápida" (**figura 3**).

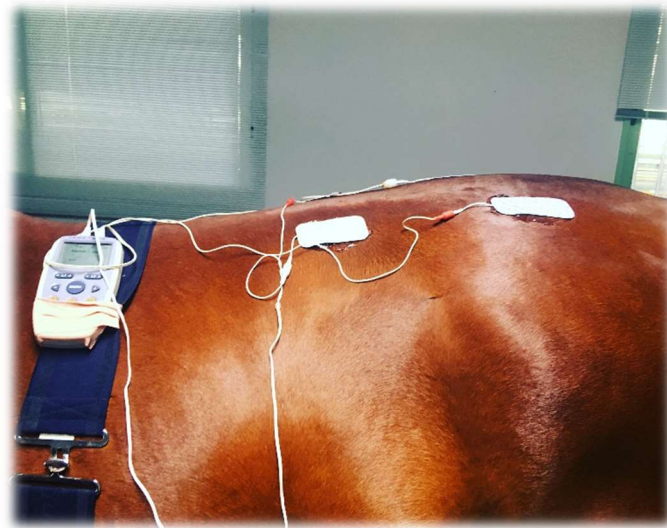


FIGURA 3. APLICACIÓN DE CORRIENTES ANALGÉSICAS TIPO TENS EN EL CABALLO.

II. MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL DOLOR EN LOS CABALLOS

La ausencia de comunicación verbal en los animales es sin duda la mayor limitación que nos encontramos a la hora de evaluar su dolor (Le Bars et al. 2001); aunque en ocasiones algunos animales pueden vocalizar para demostrar la existencia de un dolor, el desarrollo de métodos para la evaluación y cuantificación de éste resulta imprescindible en el campo de la veterinaria.

Parámetros fisiológicos

Algunos parámetros que pueden ser indicadores de la presencia de dolor son la frecuencia cardíaca, la temperatura, la presión sanguínea o los niveles de corticosteroides endógenos; estos valores, aunque por lo general son fáciles de evaluar, han mostrado bajo nivel de sensibilidad y de especificidad a la hora de cuantificar el dolor debido al amplio número de factores que pueden alterarlos (Daglish and Mama 2016).

Métodos basados en la observación

La evaluación del comportamiento, la postura, la interacción con otros caballos o con las personas que los manejan, las respuestas al ser cepillados, ensillados o montados (**figura 4**), la alteración de la expresión facial, la manifestación de una claudicación en movimiento o tras un test de flexión, son parámetros basados en la observación, que han sido estudiados y graduados para la identificación y cuantificación del dolor.



FIGURA 4. CABALLO MOSTRANDO SIGNOS DE DOLOR AL SER ENSILLADO.

Las escalas desarrolladas para la graduación del dolor observado deben ser muy específicas y definir claramente los indicadores de dolor, para mejorar la objetividad y la concordancia entre observadores (Gleerup and Lindegaard 2016); un ejemplo de este tipo de escalas es la aportada por la Asociación Americana de Veterinarios de Caballos (AAEP) para la evaluación de las claudicaciones.

En cuanto a la expresión facial, se ha observado que los caballos son capaces de variarla y mostrar unos gestos faciales concretos cuando son sometidos a métodos que inducen dolor agudo, por lo que en base a esto se describe como expresión facial dolorosa la presencia de una posición baja o asimétrica de las orejas, expresión angulada de los ojos (contracción del músculo elevador del ángulo medial del ojo), mirada tensa, dilatación medio-lateral de los ollares, tensión en los belfos, barbilla y musculatura de la región lateral de la cabeza (músculo cigomático, canino y hasta masétero) (Gleerup et al. 2015) **(figura 5)**.



FIGURA 5: SIGNOS FACIALES DE DOLOR EN RESPUESTA A LA PALPACIÓN DEL MÚSCULO BRAQUIOCEFÁLICO.

Otro detalle asociado a dolor es el comportamiento agresivo de los caballos hacia las personas que tratan con ellos; es posible utilizar las respuestas de agresividad durante la palpación para localizar zonas de dolor, aunque la respuesta puede ser variable (Ashley, Waterman-Pearson and Whay 2005). Así mismo, se ha evidenciado que las manifestaciones de agresividad son frecuentes en los casos de dolor crónico en la región vertebral, e incluso es posible que los caballos desarrollen una “memoria negativa” hacia ciertas pautas de manejo que les causen o hayan causado dolor (Fureix, Menguy and Hausberger 2010).

Para evaluar la posible existencia de dolor durante el trabajo montado, se ha descrito un etograma basado en 24 marcadores de comportamiento; la identificación, más de una vez, de 8 de los 24 marcadores durante un período de trabajo montado de unos 3 a 5 minutos, sería indicativo de dolor músculo-esquelético y requeriría la evaluación por parte de un veterinario clínico (Dyson et al. 2018).

Herramientas de evaluación objetivas

Dentro de los métodos que permiten evaluar de manera objetiva el dolor, encontramos (Daglish and Mama 2016):

- ★ Análisis biomecánico: estudios cinéticos y cinemáticos que permiten evaluar el movimiento y las fuerzas que ejercen los miembros al impactar con el suelo, para así determinar posibles alteraciones asociadas a dolor.
- ★ Goniometría: los goniómetros son equipos que permiten determinar el rango de movimiento articular por lo que son útiles para evaluar limitaciones en este rango asociadas a dolor.
- ★ Algómetro de presión: como trataremos más adelante, es un equipo capaz de cuantificar de manera objetiva el dolor (umbral nociceptivo mecánico) en un área, en respuesta a la presión ejercida por una punta de determinadas características.
- ★ Termografía: la termografía nos permite establecer el patrón de temperatura que presenta un caballo a nivel de la piel, por lo que permite identificar y monitorizar las áreas de inflamación o daño tisular (y por lo tanto que presenten dolor). Esta técnica se emplea también para evaluar la respuesta de dolor a determinados estímulos en base al aumento de temperatura local (Casas-Alvarado et al. 2020).

III. MANIFESTACIONES CLÍNICAS DE DOLOR DE DORSO EN EL CABALLO

La mayoría de la sintomatología manifestada por caballos que presentan dolor de dorso es únicamente observable durante el manejo o entrenamiento, por lo que es fundamental realizar una exhaustiva anamnesis con el propietario o jinete habitual.

Existe una falta de conocimiento generalizada de los síntomas relacionados con dolor de dorso, que los propietarios y jinetes tienden a malinterpretar. En un estudio realizado con caballos de escuela se identificó una deficiencia en la identificación de los signos de dolor de dorso por parte de los cuidadores de los caballos; en base a la evaluación clínica se observó una prevalencia de problemas de dorso de entre el 36,3% y el 85% (en más de 150 caballos de escuela), mientras que los resultados de las encuestas realizadas a sus cuidadores, en las que se les preguntaba en referencia

a las manifestaciones de dolor de dorso de sus caballos, sólo indicaban entre un 4 y un 22% de posibles caballos con dolor de dorso (Lesimple et al. 2013).

Algunos de los síntomas habitualmente referidos por los propietarios o jinetes de caballos con dolor de dorso, durante su manejo, son (Martin and Klide 1999):

- Hipersensibilidad al cepillado.
- Dificultad para mantener los miembros en alto durante el herraje.
- Mala actitud en el box, cambios de comportamiento.
- Posturas anormales (antiálgicas); en ocasiones pueden llegar a agrupar la cama en una zona del box para elevar o descender sus miembros y aliviar dolor.
- Dificultad para revolcarse (o bien lo hacen sólo de un lado).
- Pérdida de peso / musculatura
- Actitud de defensa al ser ensillado o cinchado, o cambios en la expresión facial.
- Dificultad para mantenerse quieto en el momento en que el jinete se monta **(figura 6)**.

Durante el ejercicio, los signos indicativos de dolor de dorso, incluyen la cojera uni o bilateral de miembros pelvianos, falta de deseo de avanzar, rigidez del dorso o falta de impulsión (Jeffcott and Haussler 2004).

Así mismo, se puede observar dificultad para “conectarse” y problemas para realizar algunos ejercicios como el “paso atrás”, cambios en la actitud del caballo (defensas, botes, patadas), pérdida de calidad de los aires, rehúses al saltar y dificultades en las combinaciones, movimientos violentos de la cabeza y la cola, y en general signos de pérdida de rendimiento deportivo (Munroe 2009).



FIGURA 6. CABALLO MOSTRANDO SIGNOS DE DOLOR AL SER MONTADO POR SU JINETE.

C. EVALUACIÓN CLÍNICA DEL DORSO DEL CABALLO

Las principales dificultades a la hora de diagnosticar lesiones en el dorso son la inespecificidad de los síntomas clínicos y la limitación de los métodos de diagnóstico por imagen, derivada de la gran masa muscular que presenta dicha región. Es por esto que la anamnesis y un correcto examen clínico resultan cruciales.

Los objetivos del examen clínico del dorso del caballo son determinar si existe dolor de dorso, su localización, si hay o no afectación en la movilidad, evaluar el grado de desarrollo muscular o la presencia de posibles atrofas, y establecer la funcionalidad de este segmento. En algunas ocasiones es necesario apoyar el diagnóstico clínico con métodos de diagnóstico por imagen para identificar el origen anatómico del problema e identificar posibles lesiones responsables de ese dolor.

Una exhaustiva anamnesis es el mejor punto de partida para el diagnóstico de lesiones causantes de dolor en el dorso. Generalmente los animales afectados presentan una historia de alteración del comportamiento o pérdida de rendimiento deportivo. Se deben recabar datos acerca de (Burns, Dart and Jeffcott 2018) :

- Información general: edad, género, raza, manejo de cuadra, alimentación.
- Información relativa a su jinete (nivel de equitación, tiempo que lleva con el caballo, si realizó examen de compra).
- Información relativa a su entrenamiento: uso destinado, nivel de entrenamiento, nivel de competición, duración e intensidad del ejercicio diario y semanal, montura.
- Información relativa a los síntomas clínicos que presenta.
- Información relativa a posibles tratamientos anteriores.

Cabe señalar que el hecho de que un jinete /entrenador no reconozca o refiera signos relacionados con dolor de dorso en su caballo, no es determinante en la anamnesis ya que a menudo estas molestias se manifiestan con signos clínicos que muchos jinetes no detectan (Lesimple et al. 2013).

Existen ciertos factores que predisponen a los caballos a padecer problemas de dorso, y que se deben tener en consideración si se sospecha una patología en esta región. Entre ellos se consideran la mala conformación del dorso, un manejo deportivo inadecuado del caballo, el deficiente ajuste de la montura / embocadura, problemas dentales, o incluso el hecho de que una yegua se encuentre en celo.

A diferencia del ser humano, en el caballo la edad no es un factor determinante en la aparición de patologías del dorso; de hecho, la mayor incidencia de estas lesiones se encuentra entre los 5 y los 10 años de edad (Jeffcott and Haussler 2004).

El examen clínico debe realizarse de manera sistemática incluyendo observación, palpación, movilización activa y pasiva, y examen en movimiento.

I. OBSERVACIÓN

La evaluación de la conformación del dorso del caballo debe realizarse conjuntamente con las estructuras anatómicas que lo rodean, es decir, prestando atención a su relación estructural con el cuello, la pelvis o el sacro. Existe una clara relación entre la conformación del dorso y el movimiento, que resulta trascendente para la salud ortopédica del caballo (Johnston et al. 2002).

En primer lugar se debe valorar la longitud del dorso, y más concretamente la de la región lumbar (más débil al no estar “protegida” por la caja costal). Un dorso largo, aunque biomecánicamente va a resultar más flexible, será más tendente a sufrir lesiones y soportará una mayor pérdida de energía; un dorso corto, limita la pérdida de fuerza en la transmisión a través del dorso, pero su capacidad respiratoria y la longitud de su tranco están restringidos (Agüera and Sandoval 1999).

Además, de acuerdo con su conformación, los caballos que presentan un dorso "corto" manifiestan mayor incidencia de patologías en el dorso de origen óseo, mientras que los de dorso "largo" tienden a padecer lesiones de tejido blando en dicha zona (Jeffcott and Haussler 2004).

Otro punto importante que hay que observar es el desarrollo de la musculatura paravertebral y abdominal. Es frecuente encontrar caballos con atrofia muscular a nivel paravertebral, derivada de la presión ejercida por la montura, ya sea a nivel de la cruz o en toda la región torácica. La hipotonía de los músculos abdominales es otro hallazgo frecuente, asociado en muchos casos a una región toraco-lumbar lordótica (caballo “ensillado”).

La asimetría en el desarrollo muscular es un signo común de problema de dorso, aunque poco específico, ya que puede ser consecuencia de una alteración en otra región del caballo (Cauvin 1997).

Las alteraciones en la curvatura de la columna del caballo pueden perjudicar su función en mayor o menor medida; podemos encontrar anomalías en la curvatura en distintos planos, cifosis (convexidad), lordosis (concavidad, dorso “ensillado”) y escoliosis (desviaciones laterales).

Además, es fundamental observar el área dorso-lumbar en búsqueda de marcas sobre la piel, como pelos blancos, heridas, cicatrices, bultos, que generalmente son consecuencia de roces del equipo (montura, cincha, mantas etc.) (**figura 7**).

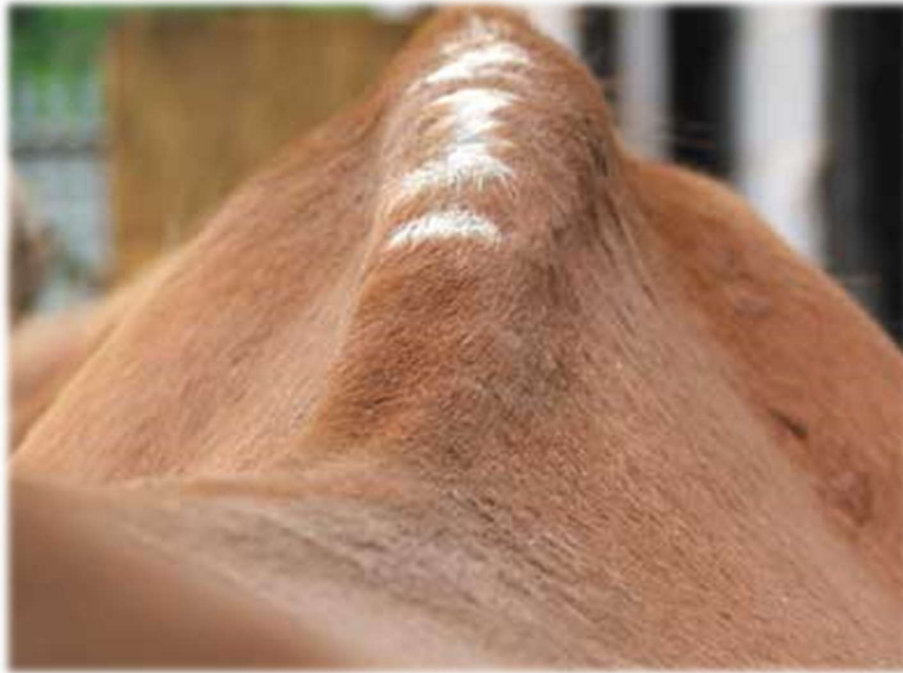


FIGURA 7. MARCAS EN LA CRUZ Y ATROFIA DE LA MUSCULATURA PARAVERTEBRAL.

II. PALPACIÓN

La palpación de la región toraco-lumbar se debe llevar a cabo con el caballo en frío (antes de realizar ningún ejercicio), en un espacio tranquilo, y manteniéndolo bien aplomado (Burns et al. 2018).

Se recorre la zona presionando sobre el ligamento supraespinoso y las apófisis espinosas (**figura 8**) para comprobar su alineación, protrusión o depresión y la distancia entre ellas, así como posibles puntos de dolor; una presión moderada no debe inducir una respuesta de dolor (extensión o movimiento del caballo alejándose del operador).

El próximo punto es testar los músculos epiaxiales; la persona que realiza esta palpación debe desarrollar la capacidad de detectar con sus manos diferencias en la textura y el tono del músculo, ya que a menudo pueden encontrarse aumentos o disminuciones del tono muscular, presencia de tejido cicatricial, espasmo muscular, edema etc. Además esta palpación debe realizarse cautelosamente, ya que un exceso de aplicación de la presión desencadena el reflejo de extensión dorsal y puede llevar a error, pensando que esa respuesta es dolorosa sin serlo (Goff 2016).



FIGURA 8. PALPACIÓN DE LA REGIÓN TORACO-LUMBAR DEL CABALLO.

Se debe evaluar:

- ★ Temperatura
- ★ Tono muscular: normal (normotónico), aumentado (hipertónico) o disminuido (hipotónico)
- ★ Sensibilidad a la palpación (moderada): ausente, leve, moderada o severa. Se describen diversas maneras de graduar esta respuesta. **Tabla 1 y 2.**
- ★ Estado de la fascia: evaluamos la presencia de restricciones en la movilidad de la fascia toraco-lumbar mediante el deslizamiento de la piel en todas las direcciones; estas restricciones son más evidentes generalmente en la porción lumbar.

TABLA 1. Graduación de la sensibilidad a la palpación en base a la respuesta adaptado de De Heus y colaboradores (De Heus et al. 2010)

- 0: sin dolor, no hay reacción

-1: dolor leve, espasmo leve en la musculatura sin movimiento asociado

-2: dolor moderado, levanta la cabeza, manotea, mueve la cola agresivamente, espasmo local con movimiento de lordosis asociado.

- 3: dolor severo, pateo, muerde, se mueve violentamente, se asusta, se aleja de la mano no permite el test. Evidente lordosis y fasciculación.

TABLA 2. Graduación del dolor muscular en el caballo (Varcoe-Cocks et al. 2006)

- **0: músculo sin tensión a la palpación (tono bajo).**
- **1: tono normal.**
- **2: músculo tenso pero la palpación no es dolorosa.**
- **3: rígido y/o doloroso (se puede observar espasmo leve a la palpación).**
- **4: músculo que presenta dolor (a la palpación se observa espasmo y movimiento, como respuesta de extensión).**
- **5: músculo marcadamente doloroso (a la palpación se observa espasmo/movimiento asociado a mal comportamiento, p. ej. patear).**

III. MOVILIZACIÓN

Permite evaluar el grado de movimiento de la región toraco-lumbar del caballo, y la tolerancia del caballo a esta movilización.

Esta evaluación se hace de manera activa e involuntaria, estimulando una respuesta refleja motora de flexión y extensión dorsal y lumbar, así como de lateroflexión.

El protocolo que se recomienda es el siguiente:

- ★ Evaluación de la flexión torácica: estimulando en la línea media ventral desde el esternón hacia caudal (**figura 9**).
- ★ Evaluación de la extensión torácica: estimulando a nivel paravertebral a ambos lados en la región torácica, de craneal a caudal.
- ★ Evaluación de la flexión lumbo-sacra: estimulando a ambos lados en la región isquio-tibial, desde proximal hacia distal (desde la zona de origen del bíceps femoral hasta el inicio de la cola) Evaluación de la extensión lumbo-sacra: estimulando en la región paravertebral a nivel lumbo-sacro.
- ★ Evaluación de la lateroflexión: estimulando al mismo nivel que en la flexión lumbo-sacra pero de manera unilateral (estimulando en el lado derecho obtenemos lateroflexión izquierda y viceversa).



FIGURA 9. EVALUACIÓN DE LA MOVILIZACIÓN DE LA COLUMNA MEDIANTE EL REFLEJO DE FLEXIÓN TORÁCICA.

Las implicaciones biomecánicas del cuello sobre el dorso hacen necesario su examen durante la evaluación de la región toraco-lumbar. Además, el estiramiento de los miembros torácicos y pelvianos (en protracción y retracción), así como del cuello y de la cola, pueden aportar datos extra para la valoración del dorso.

Se puede también incluir, una movilización pasiva regional de cada segmento articular de la columna toraco-lumbar, para determinar si el rango de movimiento es normal o se encuentra restringido o hipermóvil.

Existen varias maneras de graduar la movilidad de la columna, como la descrita por De Heus (**tabla 3**) o como la escala “Ashworth modificada” (Ravara et al. 2015), que evalúa conjuntamente el estado del músculo en base a su tono y a su movilidad, desde el grado 0 al grado 4, siendo 0 el valor de un músculo sin aumento de tono muscular, y 4 una completa rigidez en los movimientos de flexo-extensión (marcado aumento de tono por presencia de espasmo muscular severo).

TABLA 3. Graduación de la movilidad de la columna. Adaptado (De Heus et al. 2010)

- **Grado 0: hipermovilidad (aumento del rango de movimiento, marcadamente reactivo a la movilización/reflejos).**
- **Grado 1: normal (rango de movimiento normal, caballo elástico que no muestra molestia a la movilización).**
- **Grado 2: leve rigidez (cierta disminución de la movilidad y resistencia leve a ser movilizad).**
- **Grado 3: rigidez moderada (disminución significativa del rango de movimiento, resistencia a ser movilizad).**
- **Grado 4: rigidez severa (caballo rígido, rango de movimiento nulo o muy escaso, sin respuesta a la movilización o molestia severa, hiporeactivo a los reflejos)**

IV. ANÁLISIS DINÁMICO

La evaluación del caballo en movimiento al paso, al trote y al galope, es esencial para determinar si existe dolor y/o limitación funcional. Se debe analizar al paso y al trote, en línea recta y en pequeños círculos, preferiblemente en terreno duro; también a la cuerda en los tres aires, para valorar si existe reducción aparente de la movilidad. La finalidad de las pruebas dinámicas es detectar posibles cojeras, evaluar la actitud y tolerancia del caballo al movimiento y el rango de movilidad del área torácica y lumbar.

Algunos signos indicativos de dolor de dorso en movimiento son:

- ★ escasa impulsión de los miembros posteriores.
- ★ incorrecto trabajo de las cadenas musculares (falta de activación de la cadena ventral, cadena dorsal acortada).
- ★ rigidez de la región toraco-lumbar.
- ★ cabeza en posición alta e incapacidad para bajar el cuello.
- ★ falta de incurvación en los círculos.
- ★ signos de defensa durante el trabajo con peso del jinete sobre el dorso (botes, patadas, ponerse de manos etc.).
- ★ falta de conexión entre tercio posterior y anterior.

La presencia de dolor de dorso puede ser infravalorada si no se evalúa al caballo en sus condiciones habituales de trabajo, por lo que, el análisis montado por su jinete habitual es una parte esencial del examen dinámico. Algunos clínicos emplean cinchuelos con peso, para simular la carga del jinete durante la evaluación en movimiento, y poder determinar si existen diferencias en la actitud y biomecánica del caballo con peso respecto de sin peso. De esta manera se evita poner en riesgo a un jinete, ya que en ocasiones las defensas del caballo por el dolor pueden resultar peligrosas (Allen et al. 2010).

En este punto, se lleva a cabo el examen de la montura, origen habitual de problemas en el dorso (Harman 1999).

En cuanto a las cojeras, se evalúan idealmente al trote y se gradúan en base a la graduación propuesta por la AAEP (American Association of Equine Practitioners), que clasifica las cojeras de 0 a 5 (Keegan 2007) :

- 0: caballo que no muestra cojera bajo ninguna circunstancia.
- 1: cojera difícil de observar, no constante en todas las circunstancias.
- 2: cojera difícil de observar al paso o al trote en línea recta, pero que es constante en determinadas circunstancias.
- 3: cojera constante al trote bajo cualquier circunstancia.
- 4: cojera muy evidente con marcado cabeceo, acortamiento del tranco o elevación del miembro.
- 5: cojera severa, con mínimo apoyo de peso o supresión total, e incluso incapacidad para moverse.

D. DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

En muchos casos, los dolores de dorso están asociados a una mialgia primaria; el diagnóstico clínico será suficiente en estas situaciones. Sin embargo, si se sospecha de patología articular, ósea o ligamentosa, o se requiere complementar los hallazgos clínicos, se recurre a métodos de diagnóstico por imagen.

La radiología, la ecografía y la termografía son algunos de los más empleados, aunque en determinadas ocasiones se recurre a la gammagrafía cuando es necesario localizar con exactitud la zona afectada y el examen clínico no arroja datos referentes a esta localización.

I. RADIOLOGÍA

La radiología es una de las herramientas más útiles para la detección de lesiones en el dorso del caballo. En un estudio realizado en caballos trotones, con y sin signos de dolor de dorso, se observaron lesiones radiológicas en la columna en el 96% de los caballos con sintomatología y en el 62% de los animales asintomáticos (Cousty et al. 2010).

Con los equipos actuales, la radiología permite la obtención de imágenes diagnósticas de la región toraco-lumbar del caballo, sin necesidad de recurrir a la anestesia general; craneal a la torácica 9 (T9), la escápula limita la visión de esas vértebras (no así de sus procesos espinosos), desde la T9 a la lumbar 4 (L4) podemos obtener imágenes diagnósticas, y a partir de L4 resulta difícil lograr una vista satisfactoria. Para las zonas más caudales, así como el sacro o la pelvis, es necesaria la anestesia general (Henson and Kidd 2009).

Algunos de los hallazgos radiológicos en la región toraco-lumbar, de caballos con historia de dolor de dorso son (Weaver, Jeffcott and Nowak 1999):

- * Superposición de apófisis espinosas, más frecuentemente en la región de la silla (T12-T17); radiológicamente esta patología cursa con un estrechamiento del espacio interespinal y remodelación de las apófisis.
- * Signos de osteo-artrosis en las facetas articulares (procesos articulares).
- * Daños en el ligamento supraespinoso y en su inserción sobre las apófisis espinosas (remodelación).
- * Espondilosis, hallazgo poco frecuente que se caracteriza por la aparición de osteofitos en la región ventral de los cuerpos vertebrales y calcificación del ligamento longitudinal ventral.
- * Anomalías congénitas: lordosis, cifosis, escoliosis, hemivértebra, fusión congénita de apófisis o cuerpos vertebrales.
- * Fracturas de cuerpos vertebrales
- * Osteomielitis de los cuerpos vertebrales en animales jóvenes.
- * Osteomielitis en apófisis espinosas de la cruz relacionada con bursitis supraespinosa.

En un estudio realizado con 110 caballos clínicamente sanos, y con un amplio rango de edad (desde potros hasta adultos de 27 años), se observó una marcada variación en la anchura de los espacios interespinosos, con cierto grado de superposición de las apófisis espinosas, más frecuente en los caballos de raza pura sangre inglés (PSI) y menos en los ponies, sin una aparente relación con la edad (Jeffcott 1979).

II. ECOGRAFÍA

La ecografía permite evaluar gran parte de las estructuras de la región toraco-lumbar del caballo: ligamento supraespinoso e interespinoso, apófisis espinosas, bursa supraespinosa, facetas articulares y musculatura epiaxial.

Referente a la musculatura, la técnica resulta especialmente útil para evaluar los músculos multifidos, principales estabilizadores de la columna; la toma de mediciones, mediante el uso de ecografía, del área de estos músculos y su análisis comparativo bilateral, puede emplearse como indicador de patología articular, y permite monitorizar la evolución y respuesta al tratamiento de estas artropatías (Stubbs et al. 2010).

La ecografía de la región toraco-lumbar del caballo se debe llevar a cabo con sondas lineales o convexas con frecuencias de entre 2,5 y 7,5 MHz, en función de la estructura que se desee evaluar (Lamas and Head 2009).

El ligamento supraespinoso, es una de las estructuras más interesantes desde el punto de vista clínico, a la hora de realizar un examen ecográfico de la región toraco-lumbar del caballo; es preciso evaluarlo en cortes sagitales y transversales a la dirección de las fibras.

Algunos de los posibles hallazgos ecográficos que pueden encontrarse en caballos con historia de dolor de dorso, son:

- ◆ desmopatía del ligamento supraespinoso e interespinoso.
- ◆ superposición de apófisis espinosas (“kissing spines” KS), aunque para el diagnóstico de esta patología la técnica por imagen de elección es la radiología.
- ◆ osteoartrosis de las articulaciones intervertebrales (sinovitis, remodelación articular etc.) **(figura 10)**.
- ◆ fracturas de apófisis espinosas o cuerpos vertebrales.
- ◆ asimetría a nivel de la musculatura multifida.
- ◆ malformaciones congénitas o variaciones en el desarrollo, a nivel de los espacios interespinosos.

Además de a nivel diagnóstico, la ecografía tiene gran utilidad a nivel terapéutico, al ser la técnica de elección para las infiltraciones de facetas articulares, que resulta necesario realizar de manera eco-guiada para asegurar la localización precisa de la aguja.

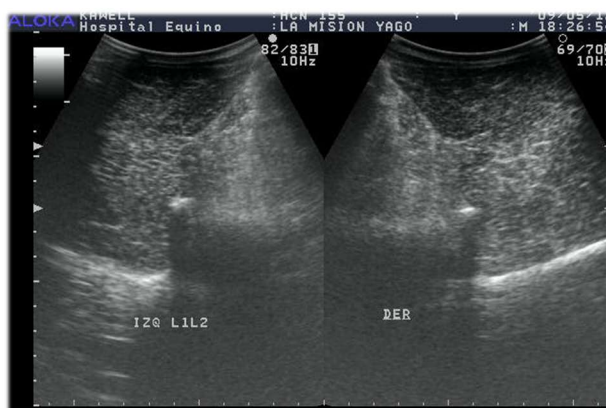


FIGURA 10. IMAGEN ECOGRÁFICA DE LA COLUMNA LUMBAR.

Debido a las diferencias anatómicas que se han evidenciado en varios estudios realizados en cadáveres, la ecografía resulta útil para localizar y nombrar con rigor cada segmento y unidad vertebral a la hora de realizar investigaciones, diagnósticos y tratamientos. Varios autores (Stubbs et al. 2006, Haussler et al. 1997) describen alteraciones morfológicas en cadáveres que dificultarían la localización vertebral si sólo se empleara la palpación; por ejemplo se describen caballos con 5 vértebras lumbares en lugar de 6 y variaciones en la localización del espacio lumbo-sacro (entre L5-L6 en lugar de entre L6-S1).

III. TERMOGRAFÍA

El calor generado por el cuerpo se disipa a través de la piel mediante fenómenos de radiación, convección, conducción o evaporación. La termografía es una técnica diagnóstica no invasiva y que no requiere contacto, capaz de medir la temperatura emitida a nivel de la piel en forma de radiación infrarroja, y de transformar esta información en una representación gráfica (Eddy, Van Hoogmoed and Snyder 2001).

Esta representación gráfica del patrón térmico de un área se denomina termograma, y puede predecirse en base al estudio de su vascularización (Turner 2001). El calor superficial que presente una región, viene determinado por la circulación local y el metabolismo tisular, siendo mayor en las zonas metabólicamente más activas. Debido a los fenómenos que favorecen la pérdida de calor a través de la piel, ésta presenta en condiciones normales una temperatura algo menor que la del resto del cuerpo (Turner, Purohit and Fessler 1986).

La inflamación produce calor, secundario al aumento de aporte sanguíneo a la zona lesionada, por lo que la termografía es una técnica muy útil para la detección de procesos inflamatorios o alteraciones en la perfusión, que se representan en el termograma como “puntos calientes” (al menos 1°C de diferencia con respecto de

áreas con temperatura normal), o bien como zonas con menor temperatura rodeadas de aumentos de emisión térmica, debido a una distribución de esta perfusión hacia zonas adyacentes (Redaelli et al. 2014).

El aumento de temperatura alrededor del proceso inflamatorio responde a la vasoconstricción arterial que se produce en la zona inflamada, que genera la aparición de shunts arterio-venosos y desvío de la perfusión hacia regiones adyacentes (Turner et al. 1986)

Aunque la aparición de regiones con menor emisión de temperatura está asociada a disminuciones en la perfusión o alteraciones del sistema nervioso autónomo, en el caso de inflamación crónica, se describen regiones con “puntos fríos” sin aumentos de temperatura alrededor, asociados a la presencia de tejido fibrótico y reducción de la perfusión local (Stromberg 1974). El dolor crónico de dorso también puede conllevar a la aparición de “puntos fríos” (von Schweinitz 1999).

Respecto a las variaciones de temperatura entre áreas sanas y patológicas, se establece que una diferencia de 1°C de temperatura entre dos regiones anatómicas simétricas, es indicativo de inflamación (Turner 2001). Otros autores, observan que variaciones de 1,25°C en la temperatura de los miembros en dos áreas, es indicativo de procesos inflamatorios, en muchos casos subclínicos (Soroko et al. 2013).

Otro punto importante a la hora de considerar aumentos de temperatura en la piel, es el ejercicio; debido a que la mayor parte de la energía que se emplea para activar los músculos, se convierte en calor, el caballo necesita eliminar este calor mediante la disipación por convección y mediante la sudoración, todo ello a través de la piel. En un estudio realizado con termografía en 6 caballos, evaluando el patrón térmico de sus miembros antes y después de ejercitarse; se obtuvieron marcadas diferencias durante las mediciones realizadas en reposo y tras el ejercicio (5 mediciones post-esfuerzo), pero estas variaciones ya no eran detectables 45 minutos post-esfuerzo (Simon et al. 2006).

En ausencia de ejercicio, los aumentos de temperatura detectados a nivel de la musculatura pueden deberse a un proceso inflamatorio en el músculo o bien a nivel de la piel y tejido subcutáneo, por lo que, para evitar falsos diagnósticos, se debe realizar una exhaustiva evaluación de la piel previa a la lectura con termocámara (Fonseca et al. 2006).

Hoy en día, la termografía presenta diversas aplicaciones en el campo de la medicina equina y de la investigación, como herramienta diagnóstica, como apoyo durante la evaluación física del caballo, y para la mejora del bienestar del animal (prevención de lesiones, detección de prácticas ilegales que atentan contra la salud del caballo en el campo deportivo).

Características de las termocámaras

Cualquier superficie que presente una temperatura por encima de 0°C emite radiación infrarroja, cuya longitud de onda no es detectable por el ojo humano

(Yanmaz, Okumus and Dogan 2007). Sin embargo, las cámaras termográficas son dispositivos capaces de detectar esta radiación infrarroja emitida por la piel y convertirla en imágenes que muestran las variaciones de temperatura de la superficie corporal, empleando una escala de colores (McCafferty 2007).

El detector infrarrojo de la termocámara, mide la intensidad de la radiación infrarroja emitida y la convierte en una onda eléctrica que es procesada en la cámara y mediante un software convertida en una imagen en colores (Redaelli et al. 2014).

Las termocámaras que se emplean actualmente no requieren contacto directo con la piel del animal y se consideran el método de diagnóstico por imagen menos invasivo y más seguro que existe. Al contrario que la radiología, ecografía, RM o gammagrafía, la termografía no emite ningún tipo de radiación, onda sonora o campo electromagnético, ni emplea ninguna sustancia radiactiva. Es la técnica menos lesiva para el operador y para el paciente; la información que ofrece es dinámica, objetiva y altamente sensible (Redaelli et al. 2014)

Para la aplicación en termografía equina, las cámaras idealmente deben (Soroko and Howell 2018):

- ★ ser portátiles y resistentes.
- ★ tener una alta resolución espacial, lo que permite mayor detalle en la imagen, especialmente importante en caballos ya que las mediciones se hacen a cierta distancia.
- ★ tener una alta sensibilidad térmica, lo que supone que tengan capacidad de diferenciar entre variaciones mínimas de temperatura entre dos puntos; muchas de las cámaras modernas trabajan con niveles de sensibilidad menores al 0,05°C.

Procedimiento de medición con termocámara

A la hora de realizar una medición termográfica, se establecen unas condiciones mínimas para la obtención de termogramas fiables, que se basan en el control de factores como el movimiento del animal, la temperatura ambiente, el flujo de aire, fuentes externas de energía o artefactos que alteren la medición (Turner et al. 1986, Turner 1991).

El movimiento durante la toma de imágenes debe ser controlado empleando un potro de contención o bien mediante la sujeción por parte de personal experimentado; no se deben emplear sedantes o tranquilizantes por sus efectos sobre la circulación (Turner 1991).

La medición debe ser realizada en un ambiente con baja luz, sin sol directo ni corrientes de aire, e idealmente con una temperatura de unos 20°C, aunque cualquier temperatura es aceptable mientras que el caballo no sude (Turner 2001). Algunos autores describen como temperatura ambiente ideal aquella comprendida entre los 21 y 26°C (Soroko and Howell 2018).

Se debe realizar un período de aclimatación al ambiente o lugar donde se vaya a realizar la medición, si no es el mismo donde se encuentra el caballo. El patrón termográfico no se ve alterado en gran medida durante este periodo pero el tiempo que requiere el organismo para estabilizar su temperatura es entre 39 y 60 minutos, en base a la diferencia que existiera entre la temperatura del ambiente inicial y de aquel en donde se van a tomar las imágenes; la longitud del pelo influye también en el tiempo de aclimatación necesario (Tunley and Henson 2004).

Para evitar artefactos en el termograma, se debe retirar cualquier equipo (mantas, vendas etc.) dos horas antes de ejecutar la medición, y los caballos no deben ser cepillados en ese intervalo. Tampoco deben recibir tratamientos de fisioterapia en las 24 horas previas a la medición, ni acupuntura en la semana anterior (Eddy et al. 2001).

La longitud del pelo influye en las mediciones ya que limita la detección de la emisión térmica de la piel, pero mientras el pelo tenga una longitud corta y ésta sea regular en toda la superficie evaluada, la imagen será precisa (Turner 2001). Las variaciones en los patrones de esquilado y el pelo largo del invierno, puede comprometer la fiabilidad de los datos obtenidos por termografía (von Schweinitz 1999), apareciendo mayor temperatura en zonas esquiladas debido a que el pelo atenúa la emisión de radiación infrarroja por parte de la piel (Eddy et al. 2001).

En un estudio realizado con cámara termográfica sobre un grupo de caballos esquilados en sus miembros y un grupo sin esquilar, se observó una mayor temperatura en el grupo esquilado pero sin variación en los patrones termográficos de unos respecto de otros (Turner et al. 1983).

La temperatura superficial de un animal no está sólo influenciada por su piel sino también por las características de su pelo (grosor, densidad) y el tipo de capa que tenga en función de la estación del año. Los estudios realizados con termografía deben tener en cuenta estas variaciones y tratar de homogeneizar al máximo la muestra de individuos para minimizar sus efectos sobre los resultados obtenidos (McCafferty 2007).

En cuanto al modo de toma de imágenes se recomienda realizar al menos dos mediciones idénticas de cada área, con un minuto de diferencia entre una y otra (Turner 1991).

Para el caso de las mediciones toraco-lumbares, se recomienda evaluar lateralmente (ambos lados) a unos 3 metros de distancia a cada lado para evitar alteraciones en las mediciones (Soroko and Howell 2018), y también tomar imágenes dorsales, a una distancia de 1.5m, con una altura de 2m, y en una angulación lo más próxima a 90° (von Schweinitz 1999). En la medida de lo posible la angulación de la cámara debe mantener perpendicularidad con la superficie del caballo a evaluar (Soroko and Howell 2018).

Previa a la medición con termocámara se propone una lista de factores que controlar para evitar la aparición de artefactos en el termograma (von Schweinitz 1999):

- Pelo y piel secos y limpios, evitando realizar el cepillado o limpieza en las 2-3 horas previas. Otros autores describen 60 minutos (Soroko and Howell 2018).
- El pelo no debe presentar ningún producto tópico sobre él; la eliminación de todo posible residuo debe realizarse el día anterior.
- El caballo debe estar totalmente esquilado o bien con todo su pelo, sin que existan variaciones en la longitud en ninguna parte de su cuerpo.
- No debe recibir ningún tratamiento de fisioterapia en las 24 horas anteriores o de acupuntura en la semana previa.
- Debe estar en reposo.
- Hay que evitar la palpación durante el periodo de aclimatación y durante la medición con la termocámara. Tampoco se debe emplear el “puro” o sedación / tranquilización durante estas fases.
- El caballo no debe presentar signos de enfermedad cutánea; si existieran deben ser registrados, así como puntos de inyección reciente si existieran.
- Se debe registrar la temperatura y humedad de la sala donde se realicen las mediciones.

Algunos problemas que pueden alterar la fiabilidad de los datos obtenidos con la termocámara, que también describe (von Schweinitz 1999) son:

- Inadecuado control de las condiciones climáticas durante las mediciones.
- Actitud nerviosa/inquieta por parte del animal.
- Inadecuada aclimatación, especialmente cuando los caballos son evaluados tras un viaje o tras tener vendas o mantas colocadas.

Si el caballo ha realizado ejercicio se debe esperar al menos 45 minutos tras la finalización del mismo, antes de realizar la medición con termocámara (Simon et al. 2006).

Termografía aplicada a la región del dorso

Termográficamente, las lesiones que afectan a la columna vertebral se manifiestan como puntos calientes, puntos fríos o bien como líneas de aumento de temperatura en la región de las salidas nerviosas. Los puntos calientes se asocian a inflamación, los puntos fríos han sido descritos en lesiones con marcado edema, que afecta a la actividad del sistema autónomo, y las líneas calientes en las salidas nerviosas, se han visto como resultado de la irritación de nervios simpáticos. En los casos de Síndrome de Horner, cuando la afectación incluye todo el tronco simpático, se observa un lado completo con mayor temperatura (Turner 2001).

Las imágenes deben incluir una vista dorsal de la columna (**figura 11**), complementada en ocasiones por vistas laterales, que permiten comparar la musculatura paravertebral de ambos lados y completar la vista dorsal.

Los gráficos térmicos que se obtienen de la columna toraco-lumbar en animales sanos, evidencian un aumento de temperatura en la línea media, que disminuye abaxialmente; los bordes de esta banda de aumento de temperatura son lineales en

la región toraco-lumbar y se ensanchan a nivel lumbo-sacro (Tunley and Henson 2004, von Schweinitz 1999).

En caballos con patología toraco-lumbar se ha encontrado una alta correlación entre los hallazgos termográficos y los obtenidos por medio de la ecografía; aunque no todas las lesiones ecográficas mostraban una alteración en la temperatura, sí ocurre que la alteración en el patrón térmico conlleva una lesión detectable ecográficamente, probablemente relacionado con procesos crónicos inactivos o incluso subclínicos (Fonseca et al. 2006)

Los puntos calientes obtenidos sobre la columna se han asociado a desmitis supraespinosa y a lesiones a nivel de los procesos espinosos (superposición de apófisis espinosas o "kissing spines"), mientras que los puntos fríos, más numerosos en la región lumbar paravertebral, se asociaron con hallazgos ecográficos de osteoartrosis intervertebral (Fonseca et al. 2006)



FIGURA 11. TOMA DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS DEL DORSO DEL CABALLO.

E. DIAGNÓSTICO COMPLEMENTARIO: ALGOMETRIA

I. BASES DE LA ALGOMETRÍA

Como ya hemos comentado, la evaluación del grado de dolor que siente un animal presenta un reto para todo clínico; por esto es necesario evaluarlo en base a variables fisiológicas (frecuencia cardiaca y respiratoria entre otras) y a modificaciones en los patrones de comportamiento (De Heus et al. 2010).

En la evaluación músculo-esquelética del caballo, los métodos convencionales para valorar y cuantificar el grado de dolor que presenta, tales como la palpación, evaluación dinámica, test de flexión, resultan en ocasiones imprecisos y su interpretación puede llegar a ser altamente subjetiva. Así, se requieren métodos que permitan determinar el grado de dolor del animal de manera objetiva y minimizando las variaciones dependientes del operador.

En base a estas necesidades, la algometría se presenta como una herramienta que permite cuantificar la sensibilidad a la presión en un determinado punto, mediante la aplicación de presión constante y progresiva sobre la piel del sujeto evaluado. La presión alcanzada en el momento en que el individuo muestra una respuesta de dolor, es la presión mínima que induce una respuesta dolorosa (Fischer 1987) y se denomina **umbral mecánico nociceptivo** (“mechanical nociceptive threshold” o **MNT**).

Así, la algometría se considera una técnica de medición algésica semiobjetiva ya que depende de la tolerancia al dolor de cada sujeto y de sus reacciones frente a éste (Ylinen 2007). Su empleo está ampliamente descrito en medicina humana como complemento a otros métodos clínicos en la evaluación del dolor de origen músculo-esquelético (Kosek, Ekholm and Nordemar 1993).

Su fiabilidad y repetibilidad hacen de este método diagnóstico una herramienta de valor en la evaluación de la respuesta a intervenciones terapéuticas como las técnicas de fisioterapia (Fischer 1987). En esta línea, la algometría se ha utilizado como método para evaluar el efecto de distintos tratamientos (médicos y fisioterapéuticos) aplicados al dorso del caballo (Sullivan, Hill and Haussler 2008).

La combinación de la algometría y la termografía se ha aplicado en pacientes humanos para la evaluación de puntos gatillo en músculos; estos puntos gatillo o puntos dolorosos se observan en termografía como puntos calientes y la algometría confirma su existencia obteniéndose umbrales de dolor más bajos sobre ellos que en el tejido contralateral (Fischer and Chang 1986).

Dado que en la mayoría de los casos las patologías músculo-esqueléticas se manifiestan con sensibilidad local a la palpación, el uso de la algometría se presenta como una herramienta útil y fiable a la hora de evaluar el dolor en estos casos (Vanderweeën et al. 1996)

II. EL ALGÓMETRO

Hace más de 30 años se diseñaron los primeros algómetros para su uso en caballos, buscando una herramienta objetiva para poder medir el efecto analgésico de algunos fármacos. Estos sistemas de algometría constaban de un pistón neumático que generaba presión sobre una punta de 2mm de diámetro colocada en una extremidad del caballo; el equipo se presurizaba con oxígeno para generar el estímulo nociceptivo. El método fue validado en caballos y ovejas, empleando fármacos analgésicos y sedantes, y comprobando el aumento del umbral nociceptivo tras la administración de los primeros (Chambers, Livingston and Waterman 1990, Chambers, Waterman and Livingston 1994).

Las características ideales de un algómetro se resumen en fiabilidad, repetibilidad, facilidad de aplicación mediante una punta, correlación entre la intensidad de aplicación y la intensidad dolorosa, capacidad de detectar los efectos de los analgésicos administrados y que no genere daños en el tejido animal sobre el que se coloque (Love, Murrell and Whay 2011).

El algómetro es un instrumento que cuenta con un medidor de presión ensamblado a través de una punta que se coloca sobre la zona del animal que se desee medir; las puntas pueden ser de distintos materiales, áreas y formas. Cuanto mayores sean los umbrales nociceptivos del paciente (valores de MNT altos), menor sensibilidad presenta en el punto medido, sin embargo valores bajos indican mayor grado de dolor, así, la mejoría clínica por la disminución del dolor se traduce en aumentos del umbral nociceptivo (Fischer 1986) y (Haussler et al. 2007).

III. UTILIZACIÓN DEL ALGÓMETRO EN CABALLOS: MÉTODO

El algómetro está considerado como una herramienta sencilla de utilizar y bien tolerada por los caballos a la hora de cuantificar clínicamente la sensibilidad músculo-esquelética en el cuello y dorso, que permite evaluar objetivamente la evolución de los tratamientos aplicados y sus resultados (De Heus et al. 2010). Presenta un interesante valor añadido al ser un equipo relativamente barato, portátil, con buena repetibilidad y que emplea una técnica de medición del dolor objetiva (Menke et al. 2016).

Los equipos para la valoración del dolor en caballos deben ser simples de usar y fiables, y dar lugar a resultados reproducibles y objetivos; deben producir un estímulo doloroso limitado que pueda ser cortado fácilmente y no causar daños al animal (Chambers et al. 1990).

Para lograr valores fiables y reales las mediciones con algómetro de presión deben realizarse en base a una serie de indicaciones y teniendo en cuenta varios factores que pueden influir en los resultados obtenidos, y que pasamos a describir.

Preparación del caballo y condiciones ambientales

En primer lugar los caballos deben estar en un lugar tranquilo y habitual para ellos, sin distracciones, para evitar respuestas de tensión o falta de concentración sobre el estímulo del algómetro. Resulta fundamental evitar respuestas de miedo por la posible interferencia de éstas con los valores obtenidos con el algómetro, debido a la liberación de opiáceos endógenos (De Heus et al. 2010). Algunos autores eligen evaluar a los caballos en potros de contención (De Heus et al. 2010, Haussler and Erb 2003, Sullivan et al. 2008, Haussler and Erb 2006a), siempre sin sedación y tras un acondicionamiento al lugar en días previos.

En cuanto al horario para realizar las pruebas, en un estudio que realizaba mediciones en caballos por la mañana y las repetía a última hora de la tarde, se hallaron diferencias en los umbrales nociceptivos (MNT), con aumentos por la tarde, hecho que los autores consideran relacionado con la variación en la concentración de péptidos opioides endógenos durante el día en relación con el ritmo circadiano (De Heus et al. 2010); por esto, y a efectos de poder comparar valores, es recomendable realizar las mediciones en franjas horarias similares.

Respecto a este tema, y a las variaciones de temperatura en las distintas estaciones o durante el día, la influencia de la temperatura ambiente sobre los umbrales nociceptivos mecánicos no ha sido determinada en caballos, pero se sugiere que no debe ser un factor que altere este tipo de mediciones como sí puede ocurrir en la medición de umbrales nociceptivos térmicos (Love et al. 2011).

Tasa de presión (velocidad de aplicación)

Dos de los factores que mayormente afectan a la fiabilidad de la técnica son el tiempo de reacción del clínico que lleva a cabo las determinaciones (retirada de la presión sobre la piel), y la tasa de incremento de la presión realizada al tomar las mediciones (velocidad con que se incrementa la presión). Una capacidad de respuesta del clínico lenta o bien una velocidad de presión alterada o no constante, pueden modificar significativamente los valores obtenidos.

Para minimizar estas variaciones es preferible que un mismo operador realice todas las determinaciones (Nussbaum and Downes 1998), que las mediciones se realicen de manera “ciega” para el operador y que el equipo presente algún sistema de control de la tasa de presión, para asegurar su constancia. Si el equipo no presenta ningún sistema para controlar la tasa de presión aplicada, se sugiere el uso de algómetros analógicos que permiten controlar esta tasa de manera manual observando el aumento de presión aplicado, frente a los digitales en cuya pantalla es más difícil monitorizar esta tasa (el número en la pantalla aumenta con rapidez) (Fischer 1998).

La tasa de aplicación de presión ideal no está consensuada, y varía entre autores, lo que dificulta la comparación de estudios si tenemos en cuenta que existe una relación lineal entre esta tasa y el valor del umbral nociceptivo (una tasa elevada genera aumentos en el MNT) (List, Helkimo and Karlsson 1991).

La aplicación de una tasa de presión constante resulta difícil sin entrenamiento previo o sin un sistema de guía (Treede et al. 2002), como el que incorporan algunos equipos (*TopcatMetrology*®, empleado en este estudio, **figura 12**) que a través de luces (roja indicando exceso de velocidad de presión y verde indicando que se debe aumentar la velocidad) guían al operador en el mantenimiento de una tasa de aplicación de presión constante.



FIGURA 12. ALGÓMETRO CON SISTEMA DE GUÍA PARA EL CONTROL DE LA TASA DE PRESIÓN.

En cuanto al valor de la tasa de aplicación de presión, en la mayoría de estudios realizados en medicina humana se describe como óptima una tasa de 1kg/seg, empleando puntas de 1cm² de área (Tunks et al. 1995, Nussbaum and Downes 1998, Fischer 1987), lo que correspondería a casi 10 Newtons por segundo. Otros estudios describen tasas menores, de 100 g /segundo con puntas similares de 1cm² de área (Fischer 1987), y de 1Newton/ segundo en un estudio realizado para evaluar el efecto analgésico del vendaje neuromuscular en humana (Azatcam et al. 2017).

Estudios realizados en caballos eligen una tasa más alta, de 10kg/cm²/ segundo (punta de 1cm² de área) para minimizar el tiempo de medición, y porque comprueban que con esa tasa los resultados son repetibles. Sin embargo, no descartan que una tasa tan elevada pueda enlentecer la finalización de la aplicación y por lo tanto obtener umbrales ligeramente más altos al umbral real nociceptivo (Haussler and Erb 2006a, Haussler et al. 2007), y destacan la dificultad para mantener esta tasa constante (De Heus et al. 2010).

En un estudio realizado en caballos de raza “Tennessee Walking” se usaron tasas de entre 5 y 10 kg/cm² para determinar los umbrales nociceptivos en la región de la cuartilla (Haussler, Behre and Hill 2008). Otros estudios en caballos, han empleado tasas de presión más bajas, de 1 kgf/seg (punta de 1 cm² área) (Haussler and Erb 2003), de 3.3kg/segundo (punta de 1cm² de área) (Menke et al. 2016), 1.2 N/segundo, usando 4 puntas diferentes de entre 0.75 y 15 mm² (Taylor et al. 2016), y 0.8 N/segundo con una punta de 1mm de diámetro (Luna et al. 2015).

Como conclusión, se observa una amplia variabilidad en las tasas de aplicación de presión descritas en distintos estudios, aunque la mayoría coincide en la importancia de mantener una tasa constante (la que se haya elegido) en todas las mediciones que se realicen. Así, la utilización de algómetros que incorporen un indicador de la tasa de presión aplicada, es un punto importante para limitar la variabilidad de los resultados (Vaughan, McLaughlin and Gosling 2007).

Procedimiento para la toma de mediciones

Una de las primeras consideraciones a tener en cuenta es que todas las mediciones deben realizarse colocando la punta del algómetro de manera perpendicular a la zona evaluada (Fischer 1986) (**figura 13**).

Respecto al número de mediciones que se deben tomar en cada punto, la mayoría de autores opta por tres mediciones, con distintos intervalos de tiempo entre una y otra. La media de dos mediciones permite estimar de una manera más fiable el umbral de dolor nociceptivo en un punto; realizar más de 3 mediciones no está justificado considerando el tiempo que se alarga la evaluación (Ohrbach and Gale 1989).

Son varios los estudios en caballos, en los que se realizan 3 mediciones por punto con una pausa de 3-4 segundos entre medición y medición (Haussler and Erb 2006a, Haussler and Erb 2006b, Sullivan et al. 2008, Menke et al. 2016). Los mismos autores sugieren que la falta de tiempo entre medición y medición puede afectar a la tasa de sensibilización (Haussler and Erb 2006a).

En medicina humana se describen por lo general intervalos mayores de tiempo entre medición y medición, de 60 segundos (Azatcam et al. 2017), y de 20 segundos (Keating et al. 2001).



FIGURA 13: TOMA DE MEDICIONES CON ALGÓMETRO DE PRESIÓN CON LA PUNTA PERPENDICULAR A LA ZONA EVALUADA.

A la hora de realizar cada medición, es aconsejable que el operador contacte inicialmente con la piel, sin realizar presión, durante unos 3 segundos, para luego ir aumentando la presión de manera progresiva hasta alcanzar la tasa deseada; así se evita una respuesta por la sensación inicial de la punta sobre la piel (Pongratz and Licka 2017). La aclimatación a la sensación del algómetro sobre la piel se debe realizar ya que muchos caballos tienden a alejarse del operador al sentir una presión debido a su entrenamiento o a su instinto (Haussler and Erb 2003).

El hecho de que los examinadores no puedan ver el valor de presión que están ejerciendo durante la realización de las mediciones permite evitar posibles sesgos (Haussler et al. 2008).

No se han observado alteraciones en los umbrales nociceptivos en caballos tras la palpación diagnóstica de fisioterapeutas equinos, pero las mediciones repetidas con el algómetro en el mismo día y misma localización a lo largo de la columna sí puede influir en estos umbrales (De Heus et al. 2010).

Unidades de medida

Los umbrales nociceptivos se refieren a la fuerza ejercida para alcanzar el nivel de dolor del animal, por lo que en el Sistema Internacional este umbral debe expresarse en Newtons (N).

Si nos referimos a la fuerza que se ejerce en una determinada área, hablaremos entonces de presión, que puede expresarse en N/cm²:

Presión = fuerza / área

En muchos estudios eligen presentar sus datos en kilogramos fuerza (kilopondio) por unidad de área (kgf/cm²), siendo la equivalencia: 1kgf = 9,8 N

La unidad de medida del umbral nociceptivo (MNT) debe ser descrita como unidad de presión (fuerza por unidad de superficie), es decir haciendo siempre referencia al área sobre el cuál se ejerce la fuerza, para que los valores puedan ser comparados entre estudios; si sólo se refiere a fuerza, sin indicar el área de contacto de la punta, los valores no son útiles para su comparación entre estudios (Taylor et al. 2016).

Elección de la punta

La punta es la pieza del algómetro que contacta con la piel del caballo (**figura 14**), a través de la cual se ejerce la presión; su elección tiene un impacto considerable en el valor de los umbrales nociceptivos obtenidos.

Se ha demostrado que las puntas con mayor área dan lugar a valores de MNT mayores, pero la relación entre el área y los valores obtenidos no es lineal, es decir, los valores no aumentan proporcionalmente, por lo que no es posible comparar valores obtenidos con puntas de distinta área o con distinta forma. Además se ha observado que con puntas de menor área se obtienen valores más consistentes y

repetibles, y facilitan la medición al requerir menor fuerza al examinador (Taylor et al. 2016)

La presión que se ejerce con el algómetro sobre la piel, activa las fibras nociceptivas aferentes en distintos niveles o tejidos, en base al tipo de punta que se emplee. Los objetos punzantes de pequeño diámetro (como pueden ser una aguja de 0.2 mm de diámetro) activan exclusivamente las terminaciones nerviosas epidérmicas pero no deforman tejidos más profundos, mientras que para activar fibras a niveles profundos se requiere emplear puntas que abarquen una cantidad mayor de tejido (como por ejemplo 1cm²) (Treede et al. 2002)

Así mismo, se ha demostrado que los aferentes epidérmicos no contribuyen en gran medida a la respuesta nociceptiva tras la presión con un algómetro, ya que en estudios realizados con aplicación de anestésicos locales a nivel epidérmicos no se obtenían diferencias en el umbral del dolor respecto de los controles, cuando la presión se ejercía con una punta de 10mm de diámetro (área aproximada 0.78 cm²) (Kosek, Ekholm and Hansson 1996).

En publicaciones de medicina humana, Fischer describe que puntas de 0.5cm de diámetro, son adecuadas para buscar sensibilidad en la piel pero no en tejidos más profundos como músculos y ligamentos porque no transmiten suficiente presión a estos tejidos (Fischer 1986). Este autor defiende que la superficie ideal que debe tener la punta es 1cm² ya que áreas mayores disminuyen la sensibilidad de la medición (Fischer 1998).

Las puntas de 1 cm² de área son las más descritas en la bibliografía tanto en medicina humana (Treede et al. 2002, Fischer 1986) como en los estudios realizados con caballos (Haussler and Erb 2003, Sullivan et al. 2008, Menke et al. 2016). Sin embargo hay autores que sugieren que el uso de puntas de amplio diámetro requiere la aplicación de una fuerza mayor para alcanzar el umbral nociceptivo, por lo que podrían estar de alguna manera “empujando” al animal, y dificultar la detección del umbral nociceptivo, más aún en caballos que están “enseñados” a apartarse cuando reciben un estímulo de fuerza sobre ellos (Taylor and Dixon 2012).

En la misma línea (Pongratz and Licka 2017) señala que las puntas más pequeñas disminuyen los umbrales nociceptivos y permiten obtener resultados más consistentes, mientras que las más redondeadas generan umbrales más altos.

En conclusión, podemos decir que las puntas con mayor área permiten alcanzar tejidos más profundos, pero al requerir mayor cantidad de presión pueden generar un efecto de alejamiento en el caballo que no responda al verdadero umbral nociceptivo; las puntas más pequeñas generan su efecto en tejidos más superficiales, desencadenando la respuesta de dolor antes de penetrar en mayor profundidad, por lo que no estarían indicadas para tejidos muy profundos.

Se debe tener en cuenta que la presión es una medición de fuerza referida siempre al área de aplicación, que varía en tamaño y en forma de unos equipos a otros, por lo que la comparación de datos entre estudios sólo puede ser realizada cuando se emplean equipos similares (Dixon et al. 2010).



FIGURA 14: EJEMPLOS DE PUNTAS DE DISTINTAS FORMAS Y MATERIALES EMPLEADAS PARA LA MEDICIÓN DE UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS.

Identificación del umbral doloroso en el caballo

Se describen en distintas publicaciones, los signos que los examinadores identifican durante la evaluación con algómetro para determinar que el caballo ha alcanzado su umbral doloroso y que la medición ha concluido.

Cuando las mediciones se realizan a nivel del dorso, algunos de estos signos son:

- ★ Fasciculación de la piel o bien que el caballo gire su cabeza hacia la zona estimulada (mediciones realizadas a nivel de la cruz) (Luna et al. 2015).
- ★ Giros de orejas, girarse para mirar al examinador, alejarse del examinador, hundimiento de dorso (extensión dorsal o lordosis inducida), patear, levantar un miembro y posarlo fuertemente en el suelo (Pongratz and Licka 2017).
- ★ Fasciculación de la piel, contracciones musculares, lordosis inducida, alejamiento del operador (Menke et al. 2016, Haussler and Erb 2006a).

En un estudio realizado para determinar signos observables de dolor en la cabeza del caballo, se describen expresiones faciales claras tras la aplicación de estímulos mecánicos y químicos en los miembros del caballo. Algunos de estos signos son posiciones asimétricas o bajas de las orejas, dilatación de ollares, tensión en los belfos, angulación del párpado superior, entre otros (Gleerup et al. 2015).

Así mismo, en un estudio en el que las mediciones con algómetro se llevaban a cabo en los miembros, se describe una graduación para evaluar la tolerancia a esta herramienta diagnóstica, en base al comportamiento evidenciado por el caballo durante las mismas (Haussler et al. 2007):

- ✓ Grado 0: continua elevación de las extremidades, incapacidad de permanecer quieto durante las mediciones.

- ✓ Grado 1: caballo que permanece quieto el 20% de las mediciones
- ✓ Grado 2: caballo que permanece quieto el 40% de las mediciones.
- ✓ Grado 3: caballo que permanece quieto el 60% de las mediciones.
- ✓ Grado 4: caballo que permanece quieto el 80% de las mediciones.
- ✓ Grado 5: caballo quieto durante todo el examen tolerando todas las mediciones.

El mismo autor, en otro estudio, evalúa de igual manera la tolerancia de los caballos al estímulo del algómetro sobre la cuartilla, pero esta vez graduando de manera inversa, siendo grado 5 la incapacidad para permanecer quieto y grado 1 el caballo que permanece sin moverse durante toda la medición (Hausler et al. 2008). En ese estudio, al igual que en otros realizados con caballos (Hausler et al. 2007), se describe un alto grado de tolerancia a la aplicación del algómetro.

IV. ESTUDIO Y VALORACIÓN DE UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS

En medicina humana se considera que, empleando un algómetro con un área de contacto de 1cm², una diferencia de 2kg en el umbral de respuesta de un lado del paciente respecto del mismo punto en el lado contralateral, es una variación significativa (Fischer 1987, Fischer 1986).

En caballos se describen diferencias mayores a 1kg (área de contacto de 1 cm²), entre una zona y la contralateral como significativas (Hausler and Erb 2006b), y en aquellos que presentaban patología músculo-esquelética, se han descrito umbrales en esas zonas lesionadas por debajo de 5kg/cm², con la misma área de contacto de 1cm² (Hausler and Erb 2003).

Como ya se ha explicado, la valoración de umbrales nociceptivos presenta marcadas dificultades para ser comparada entre estudios llevados a cabo con equipos diferentes y bajo protocolos distintos, por lo que no podemos tomar estos valores descritos como absolutos y aplicables a las mediciones tomadas con cualquier equipo.

Respecto a la variación del umbral en base al sexo, en humana se ha observado un patrón diferencial por sexos en los umbrales nociceptivos; las mujeres muestran umbrales más bajos que los hombres en músculos en los que generalmente se detectan molestias (Fischer 1987).

Si evaluamos caballos sin distinción por sexo, hay que tomar en cuenta que los caballos castrados muestran umbrales mayores que las yeguas, lo que se ha constatado en un estudio con mediciones en miembro torácico (Hausler et al. 2007) y también en otro realizado a nivel del dorso (Hausler and Erb 2006a).

En este último estudio además se observa que los caballos que son montados habitualmente presentan umbrales nociceptivos mayores que los caballos no montados. De hecho, (Sullivan et al. 2008) describen umbrales nociceptivos entre

un 28 y un 42% más bajos en caballos no montado, respecto de caballos montados, en un estudio realizado con 40 caballos sin historia de dolor de dorso.

Además, los umbrales nociceptivos son constantes en un mismo caballo pero varían notablemente si comparamos un caballo con otro (Haussler and Erb 2003, De Heus et al. 2010).

Variaciones del umbral nociceptivo en distintos tejidos

Se describen diferencias en los valores del umbral nociceptivo en los distintos tejidos (Kosek et al. 1993), y a distintos niveles; en humana se han observado elevaciones del MNT según recorremos la columna craneo-caudalmente, realizando mediciones sobre apófisis espinosas (Keating et al. 2001). Así mismo, en el caballo se ha observado un aumento progresivo de los MNT en la región vertebral y paravertebral desde cervical hacia lumbar, que se ha asociado a una menor densidad nociceptiva en la región más caudal (Haussler and Erb 2006a). También se justifica este hecho en el aumento del grosor del tejido en la zona lumbar respecto de la torácica (Pongratz and Licka 2017).

En otro estudio en el que se empleó la algometría para evaluar el efecto de los campos magnéticos pulsados (PEMF) sobre el dorso de caballos de polo, también se obtuvieron valores de MNT más bajos en la zona más craneal evaluada respecto de los valores más caudales que eran mayores (Biermann, Rindler and Buchner 2014).

También se han observado diferencias en los valores de MNT en tejido duro y blando, aunque en la bibliografía se citan resultados dispares. En caballos algunos autores encuentran valores mayores sobre los procesos espinosos frente a la medición del tejido blando adyacente u otras eminencias óseas (Biermann et al. 2014, Haussler and Erb 2003); sin embargo, otros no encuentran diferencias significativas salvo en una espinosa, T4, y achacan la diferencia a la dificultad para medir sobre ella por la inclinación y elevación de la misma (Haussler and Erb 2006a).

En un estudio realizado en pacientes humanos con fibromialgia no se encontraron diferencias en los valores de MNT entre eminencias óseas y tejido muscular, siempre que la medición no se realizara en zonas musculares con recorrido nervioso localizado (Kosek et al. 1996). Previamente, dicha autora, ya había hallado umbrales nociceptivos excepcionalmente bajos en pacientes asintomáticos midiendo en puntos donde el tejido subyacente se encontraba ampliamente inervado (regiones de plexos nerviosos) (Kosek et al. 1993). En éste último artículo no se encuentran diferencias en el umbral nociceptivo al medir sobre eminencias óseas y tejido muscular, siempre y cuando se encuentren ambos puntos en la misma región.

Años después la misma autora, corrobora la misma afirmación (no se encuentran diferencias en los umbrales nociceptivos al comparar zonas musculares y eminencias óseas en la misma región), aunque las zonas donde el tejido muscular encuentra se encuentra cercano a trayectos nerviosos los umbrales son más bajos (Kosek, Ekholm and Hansson 1999).

En perros, midiendo con algómetro sobre articulaciones, obtienen una mayor tolerancia a la presión en zonas con mayor cantidad de tejido blando, comparado con lugares con menor cantidad (siempre midiendo en regiones articulares) (Coleman et al. 2014).

Repetibilidad

Estudios realizados en medicina humana describen que los valores de MNT son reproducibles entre sujetos individuales (Fischer 1987). Se ha observado que las mediciones en individuos sin dolor son fiables y presentan buena repetibilidad si se comparan distintos ensayos llevados a cabo en un mismo día o en días consecutivos. Esta fiabilidad aumenta si se toman tres mediciones por punto y se descarta la primera a la hora de calcular el MNT, y si todas las determinaciones las lleva a cabo un mismo examinador (Nussbaum and Downes 1998).

La repetibilidad de la técnica ha sido también ampliamente estudiada y evidenciada en caballos (Haussler and Erb 2006b, Haussler et al. 2008, Haussler and Erb 2006a, Haussler and Erb 2003, Chambers et al. 1990).

Así mismo, se demuestra buena correlación entre los valores obtenidos con algómetro de presión y los hallazgos clínicos, como demuestra un estudio realizado en caballos con disfunción sacro-iliaca (Varcoe-Cocks et al. 2006).

Fenómenos de adaptación y sensibilización al algómetro

La adaptación es un fenómeno que se produce cuando el MNT aumenta según se realizan sucesivas mediciones en un mismo punto; al contrario, la sensibilización se refiere a la disminución del MNT en mediciones sucesivas.

Las tasas de sensibilización tanto en estudios de humana (Tunks et al. 1995) como con caballos (Menke et al. 2016, Sullivan et al. 2008) son bajas, aunque éste último sugiere que la falta de tiempo entre medición y medición (3-4 segundos) puede afectar a estas tasas.

En un estudio realizado con pacientes humanos con y sin dolor de tipo miofascial, no se encontró evidencia de sensibilización de los puntos a medir tras 4 evaluaciones con algómetro, por lo que concluyen que los puntos de dolor no se generan yatrogénicamente al aplicar el algómetro de presión (Tunks et al. 1995)

En varios estudios se describen tasas similares adaptación y sensibilización: adaptación en torno al 20- 25% de las mediciones y sensibilización en un porcentaje menor (5-15%), aunque la mayoría de mediciones se mantienen constantes (Menke et al. 2016, De Heus et al. 2010, Sullivan et al. 2008, Haussler and Erb 2003, Haussler and Erb 2006a). Estos autores explican que dichos fenómenos de sensibilización y adaptación pueden estar relacionados con la falta de aplicación de una tasa de presión constante y con la incorrecta detección de la señal de dolor por parte del caballo, influyendo también el tiempo entre cada medición, que en todos los estudios fue de unos pocos segundos (3-4 segundos).

Resulta interesante que se haya observado una disminución del umbral nociceptivo en pacientes humanos asintomáticos cuando las mediciones en un mismo punto se realizaban seguidas (valores de MNT un 8% menores) y en cambio tendían a aumentar cuando se esperaba unos 20-30 minutos (valores de MNT un 10% mayores); este segundo hallazgo los autores lo achacan a la relajación del paciente entre medición y medición (Kosek et al. 1993).

V. LIMITACIONES DE LA TÉCNICA

La técnica de algometría de presión, presenta algunas limitaciones que hemos ido describiendo y quedan recopiladas en la siguiente lista:

- Requiere el mantenimiento de una tasa de presión constante en su aplicación (De Heus et al. 2010, Haussler and Erb 2003)
- Algunos animales pueden anticiparse a la sensación de dolor mostrando su incomodidad al estímulo momentos antes de sentir el dolor (Haussler and Erb 2006a, Haussler et al. 2007).
- La identificación de la respuesta de dolor es subjetiva y dependiente del operador que realiza la medición; se sugiere que para objetivizar la técnica sería necesario que un solo operador tome todas las mediciones y monitorizar algún otro parámetro como puede ser la frecuencia cardíaca, tensión muscular, presión sanguínea (Coleman et al. 2014).

F. PATOLOGÍAS QUE AFECTAN A LA REGIÓN TORACO-LUMBAR DEL CABALLO

Las patologías que afectan a la región toraco-lumbar pueden ser primarias (localizadas en alguna de las estructuras que la componen), o en ocasiones secundarias a dolencias a nivel de los miembros. La localización de la patología puede ser ósea/articular, ligamentosa o muscular, aunque es frecuente que el dolor muscular esté presente independientemente de que ese no sea su origen.

En un estudio realizado con 443 caballos que presentaban historia clínica de dolor de dorso, se observó una incidencia del 38,8% de patologías de tejidos blandos (musculatura paravertebral y ligamentos supraespinoso principalmente), 38,6% de lesiones localizadas en la columna (en su mayoría superposición de apófisis espinosas), un 2,9% de malformaciones vertebrales, un 19,7% de los caballos evaluados no presentaban patologías en la columna, y en porcentajes muy bajo se encontraron fracturas vertebrales y espondilosis (Jeffcott 1980).

I. PATOLOGÍA ARTICULAR Y ÓSEA

La disminución del espacio entre dos apófisis espinosas a nivel de la región toracolumbar y por lo tanto la aproximación de las mismas, es una patología que frecuentemente afecta a caballos de deporte de todas las disciplinas y que se conoce con el nombre de **superposición de apófisis espinosas** o más coloquialmente como “kissing spines” (**figura 15**). Se ha reportado como la causa más común de dolor de dorso en el caballo (Jeffcott 1980), especialmente en caballos purasangre, incluso en potros no montados, y con menor incidencia en ponies (Jeffcott 1979).

La localización más frecuente de esta patología se describe entre las vértebras torácicas 13 y 18, pero también se ha identificado en la región torácica craneal, y región media lumbar, con menor incidencia (Clayton and Stubbs 2016). Aunque no se ha podido identificar el motivo por el cual aparecen habitualmente en la región media y caudal torácica, se cree que está relacionado con un menor espacio fisiológico entre esas espinosas (Jeffcott 1979) y con el hecho de que el peso del jinete se concentra más en esa zona de la columna. Sin embargo, cabe señalar que esta patología también ha sido descrita en caballos no sometidos a trabajo montado (Henson and Kidd 2009).

Así mismo se sugiere que la pérdida de flexión en la articulación lumbo-sacra es causa de predisposición a manifestar esta patología (Zimmerman, Dyson and Murray 2012).

Clínicamente se puede observar dolor a la palpación sobre las apófisis espinosas afectadas, disminución del espacio interespinoso (en ocasiones difícil de detectar), así como espasmo muscular asociado y molestia o limitación en la movilidad pasiva / activa del segmento. El método de diagnóstico por imagen de elección es la radiografía, y en base a los cambios radiológicos observados distintos autores plantean escalas de graduación, como la descrita por (Jeffcott 1979):

- ★ Grado 0: sin evidencias radiológicas de superposición de apófisis espinosas.
- ★ Grado 1: aproximación de los bordes de las apófisis espinosas.
- ★ Grado 2: aproximación con signos moderados de superposición.
- ★ Grado 3: superposición asociada a reacción perióstica.
- ★ Grado 4: severa superposición con reacción perióstica, pseudoartrosis y deformación de los bordes dorsales de las apófisis espinosas.
- ★ Grado 5: fusión de las apófisis espinosas adyacentes.

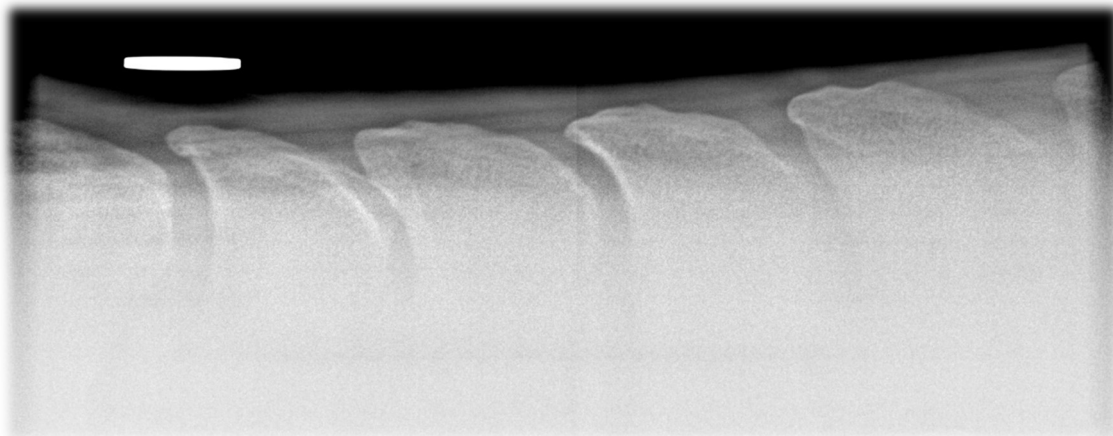


FIGURA 15: IMAGEN RADIOLÓGICA DE ESTRECHAMIENTO DEL ESPACIO INTERESPINOSO

La fractura de apófisis espinosas es otra patología que afecta a esta región anatómica, generalmente secundario a traumas o caídas y localizado en la región de la cruz (**figura 16**).



FIGURA 16: DESVIACIÓN LATERAL DE LAS APÓFISIS ESPINOSAS SECUNDARIA A UNA FRACTURA.

La **osteo-artrosis** de los procesos articulares de la columna toraco-lumbar es otra de las patologías más frecuentemente asociada a dolor de dorso; estas lesiones se localizan con mayor frecuencia en la porción caudal torácica y en ocasiones se encuentran asociadas a “kissing spines” (Girodroux, Dyson and Murray 2009).

Su diagnóstico se realiza mediante radiología en proyección oblicua, ecografía comparativa bilateral (evaluación de los bordes articulares) o bien mediante gammagrafía, que permite evaluar si la remodelación se encuentra activa (García-Lopez 2018).

Otra lesión que afecta a la columna vertebral del caballo es la espondilosis; aunque su incidencia es baja, alrededor del 3% de los caballos que presentan dolor de dorso (Meehan, Dyson and Murray 2009).

II. PATOLOGÍA LIGAMENTOSA

La afectación del ligamento supraespinoso es una de las patologías que pueden manifestarse como dolor de dorso. Este ligamento puede lesionarse por la aplicación en exceso de fuerzas de tensión (flexión de cuello y toraco-lumbar), compresión (por parte de una montura incorrectamente ajustada), o en casos de superposición de apófisis espinosas (Lamas and Head 2009).

La localización más habitual en la afectación del ligamento supraespinoso es entre T15 y L3 (Denoix 1999), pero es importante tomar en consideración que la aparición de cambios ecográficos en esta estructura no tiene necesariamente relevancia clínica, por lo que debe evaluarse en combinación con otras técnicas de diagnóstico clínico (Garcia-Lopez 2018).

La afectación del ligamento interespinoso se asocia a la patología de superposición de apófisis espinosas ya descrita; los ligamentos longitudinales de la columna, ventral y dorsal, no presentan una alta incidencia de desmopatía, aunque la espondilosis se encuentra relacionada con la afectación del ligamento longitudinal ventral.

III. PATOLOGÍA MUSCULAR

El dolor muscular en la patología de dorso puede ser primario, o bien puede aparecer de manera secundaria a otra patología en la columna (ósea, articular o ligamentosa), ya que el organismo responde a la lesión generando un espasmo muscular que trate de inmovilizar la región dañada. También es frecuente encontrar dolor muscular en el dorso en caballos que sufren patologías en otras zonas de su cuerpo, como cojeras de miembros o laminitis.

La relación entre el estado de la musculatura paravertebral y las lesiones de la columna, queda patente en un estudio realizado en caballos de carrera en el que se observó que el daño óseo en la columna se encontraba asociado a atrofia y asimetría en el desarrollo del músculo multifido a nivel del mismo segmento vertebral (Stubbs et al. 2010).

La patología muscular primaria suele derivar de (Marks 1999):

- Sobreentrenamiento, que da lugar a debilidad muscular y facilita la extensión o “hundimiento” del dorso (fatiga de la musculatura abdominal y psoas).
- Técnicas incorrectas de entrenamiento (incluyendo el empleo de rendajes inadecuados durante la monta y trabajo pie a tierra).
- Monturas, protectores de dorso y cinchas incorrectamente ajustadas.
- Traumatismos.
- Jinete (exceso de peso, falta de control postural, asimetrías etc...)

También hay algunas patologías musculares que pueden afectar al dorso del caballo como la rabdomiolisis (aguda o recurrente), la miopatía por acúmulo de polisacáridos, atrofia neurogénica (secundaria a enfermedad de la motoneurona o mieloencefalitis protozoaria) o miositis inmunomediadas (Valberg 1999).

Clínicamente los caballos con dolor muscular pueden presentar aumento de la temperatura y tono muscular, sensibilidad a la palpación y movilización, retracción fascial, edema o inflamación local, e incluso atrofas o asimetrías si el dolor se ha cronificado.

G. TRATAMIENTO DE LAS PATOLOGÍAS DE DORSO

El tratamiento médico de las patologías de dorso suele basarse en la infiltración de sustancias antiinflamatorias y analgésicas en las zonas afectadas (cortico-esteroides en la mayoría de los casos), así como en la administración oral de antiinflamatorios no esteroideos y relajantes musculares (Marks 1999).

El efecto de la administración intravenosa de tiludronato en caballos con patología osteo-articular en la columna se ha evaluado en términos de mejora en la flexibilidad de la región del dorso; se ha observado un incremento de este rango de movimiento en caballos tratados con este fármaco respecto del grupo control a los 60 y a los 120 días de la administración (Coudry et al. 2007).

Otra opción terapéutica es la mesoterapia, que consiste en la inyección intradérmica multifocal de una combinación de fármacos con propiedades analgésicas, por lo general cortico-esteroides, suero salino, anestésicos locales y relajantes musculares (Lamas and Head 2009).

En el caso de la superposición de apófisis espinosas o “kissing spines”, se describen algunas técnicas quirúrgicas orientadas a caballos que no responden a los tratamientos convencionales médicos o fisioterapéuticos, como la resección de apófisis espinosas o la desmotomía del ligamento interespinoso (Garcia-Lopez 2018).

El tratamiento por medio de técnicas de fisioterapia ofrece posibilidades para la mejora del estado de estos pacientes que complementan los tratamientos veterinarios convencionales, por medio de terapias manuales, electroterapia y ejercicio terapéutico.

Dentro de las terapias manuales se puede tratar el espasmo muscular por medio del masaje, terapia miofascial, estiramientos y movilizaciones pasivas y activas. Así mismo las técnicas de ajuste de la movilidad intervertebral, como la osteopatía y la quiropraxia, resultan muy útiles en los casos de disfunción articular con bloqueo del movimiento funcional entre dos segmentos (**figura 17**).



FIGURA 17. APLICACIÓN DE TERAPIA MANUAL SOBRE EL DORSO DEL CABALLO.

Previo al tratamiento manual de movilización articular, en los casos en que exista un marcado espasmo muscular, es necesario tratar éste, ya que cualquier intento de manipulación vertebral puede resultar dolorosa e inefectiva (Wolf 2002).

La electroterapia ofrece numerosas posibilidades terapéuticas aplicando la electricidad con el objetivo de controlar la inflamación y el dolor, eliminar el edema, estimular la reparación tisular y optimizar la funcionalidad del dorso.

Algunas de las corrientes eléctricas más utilizadas sobre la musculatura paravertebral son aquellas que proporcionan analgesia y estimulación, como el TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation), el EMS (Electrical Muscle Stimulation) empleado especialmente para la activación abdominal, o el FES (Functional Electrical Stimulation)(**figura 18**). También se aplican los campos magnéticos por su efecto de relajación muscular y aumento de la circulación local (Bromiley 1999).



FIGURA 18. APLICACIÓN DE ELECTROESTIMULACIÓN FUNCIONAL SOBRE EL DORSO DEL CABALLO (FES).

Otras terapias como la radiofrecuencia (diatermia) y la luz LASER (clase IV) se utilizan aisladas o en combinación, en los casos de lesión en tejidos blandos u óseos, por su efecto regulador del proceso inflamatorio, vasodilatador y bioestimulante del metabolismo celular.

Respecto al tratamiento con ondas de choque, algunos autores recomienda su aplicación en los casos de superposición de apófisis espinosas, por su efecto analgésico, durante un número variable de sesiones (entre 1 y 4), con un período de reposo posterior de entre 1 y 6 semanas (García-López 2018). Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que el reposo forzado desencadena la pérdida de musculatura abdominal y paravertebral, lo que genera inestabilidad articular a nivel de la columna, facilita la lordosis adquirida y por lo tanto no favorece la mejora de las patologías de dorso.

Los casos en los que el reposo absoluto se encuentra justificado no son muchos y en general podemos circunscribirlos a fracturas, neuropatías periféricas con incapacidad funcional, lesiones graves con amplias roturas de tejido e inestabilidad estructural, o casos con dolor muy severo.

Así, siempre que la lesión lo permita es fundamental instaurar un programa de rehabilitación individualizado que combine trabajo activo y pasivo de manera controlada, supervisado por el clínico, y sin olvidar que el objetivo es la recuperación funcional del caballo en su conjunto y no tan sólo de la estructura lesionada.

Independientemente de los métodos de rehabilitación que se realicen, no debemos olvidar introducir períodos de libertad (en espacios acotados si la lesión lo requiere) en cuanto sea posible, fundamental para la salud física del caballo.

La rehabilitación funcional de los caballos con problemas de dorso debe realizarse sin el peso del jinete, es decir, con ejercicio “pie a tierra” (trabajo a la cuerda o con riendas largas); la principal ventaja de este tipo de ejercicio frente al trabajo montado es que permite una correcta activación de la musculatura del caballo y un trabajo sinérgico de sus cadenas musculares dorsal y ventral, al no contar con el peso del jinete y su interferencia sobre ellas. El dorso puede trabajar con libertad sin el jinete, de la misma manera que la región abdominal puede activarse sin la limitación de la cincha (**figura 19**).



FIGURA 19. TRABAJO A LA CUERDA.

La rehabilitación por medio de ejercicio terapéutico subacuático, puede resultar de gran utilidad siempre y cuando se conozcan sus limitaciones y se aplique de la manera correcta. Caminar dentro del agua estimula el avance y flexión de los miembros posteriores del caballo, activando su musculatura abdominal, con cierta elongación de la línea dorsal y un movimiento libre de flexo-extensión del cuello, lo que resulta claramente beneficioso para el desarrollo correcto de las cadenas musculares dorsal y ventral. Esto puede realizarse en cintas rodantes subacuáticas o en caminadores acuáticos (**figura 20**).



FIGURA 20: REHABILITACIÓN ACUÁTICA DE PATOLOGÍA DE DORSO MEDIANTE TRABAJO EN SEMIFLOTACIÓN. CENTRO KAWELL, BUENOS AIRES (ARGENTINA).

Otro punto a tener en cuenta en el trabajo subacuático de caballos con patología de dorso es que la elevación del nivel del agua actúa de manera diferente sobre la movilidad de la región más craneal torácica y en la más caudal lumbar; el rango de movilidad en extensión aumenta en la región torácica según se eleva el agua, aparentemente debido a la elevación de la cabeza, al mismo tiempo que aumenta el rango en flexión a nivel lumbar. Esto debe ser tenido en cuenta, evitando una altura considerable de agua en casos de patología en esa región media torácica en los que no se desee lograr una extensión de dicha área (Nankervis, Finney and Launder 2016).

El trabajo acuático en flotación completa (natación) no se recomienda en el caso de patología de dorso por la biomecánica del caballo al nadar, que predispone a adoptar posiciones con una marcada extensión de la región toraco-lumbar.

La inclusión en los programas de rehabilitación de caballos con patología de dorso de ejercicios de “core-training” resulta imprescindible para lograr la activación de la musculatura estabilizadora del esqueleto axial, que tan frecuentemente presenta asimetrías y atrofas en estos animales, como ya se ha descrito (Stubbs et al. 2010).

Estos ejercicios son sencillos de realizar (**figura 21**), y si se integran dentro de la rutina de trabajo del caballo mejoran la musculatura estabilizadora en poco tiempo. Se ha demostrado que realizando ejercicios de flexión y latero-flexión cervical activa 5 días por semana durante tres meses, se logra hipertrofia de la musculatura multífida, sin añadir otro ejercicio (Stubbs et al. 2011).



FIGURA 21: EJERCICIO PARA LA ACTIVACIÓN DE LA MUSCULATURA ESTABILIZADORA.

El vendaje neuro-muscular es otra de las técnicas que, extrapoladas de fisioterapia humana, se aplican en el tratamiento de la patología de dorso del caballo.

H. EL VENDAJE NEUROMUSCULAR

I. INTRODUCCIÓN A LA TÉCNICA DE VENDAJE NEUROMUSCULAR

La técnica del vendaje neuromuscular (VNM) o “kinesio-taping”, se define como la aplicación de una venda adhesiva y elástica sobre la piel con el objetivo de producir un efecto terapéutico local y directo, así como un efecto remoto a través de vías nerviosas reflejas (Blow 2012).

Fue descrita por primera vez por el Dr. Kenzo Kase en 1979, quiropráctico y acupuntor japonés, como una alternativa a los vendajes convencionales que limitaban el rango de movimiento y debían ser cambiados asiduamente

(funcionales, compresivos etc.). El Dr. Kase, en la búsqueda de una técnica que permitiera alargar los efectos de su terapia más allá del tiempo de tratamiento en la consulta, diseñó una venda capaz de imitar las características de la piel y de no restringir el movimiento de la zona vendada.

Esta modalidad de tratamiento está basada en el proceso natural de reparación del cuerpo, cuya eficacia se explica a través del efecto de activación de los sistemas nervioso y circulatorio. Su nombre original en inglés, “kinesio-taping”, pone en relieve la importancia del movimiento muscular en la rehabilitación (Kase 2000).

Las características elásticas de la venda y su aplicación en condiciones de estiramiento, generan un efecto sobre la piel (la elevan generando “circunvoluciones”), sobre los receptores cutáneos y sobre el tejido subyacente, debido a que la venda tiende a recuperar la forma que presentaba previa a ser estirada. Se definen distintos porcentajes de estiramiento que pueden imprimirse al vendaje en base a la técnica empleada y al efecto deseado.

Aunque desde los años 90 su uso ya comenzó a extenderse por Europa, fue en las Olimpiadas de 2008 en Pekín el momento en el que la técnica se dio a conocer mundialmente cuando muchos de los deportistas participantes emplearon este tipo de vendaje. Desde entonces su utilización ha traspasado la frontera de la fisioterapia humana para aplicarse a animales, y los caballos, por su aptitud eminentemente deportiva, han sido los principales receptores de esta terapia.

La aplicación de VNM no sustituye el tratamiento veterinario, sino que complementa otras terapias físicas y médicas (Calero Saa and Cañón Martínez 2012); debe ser aplicado y supervisado por un profesional entrenado en la utilización de esta técnica, ya que su uso indebido puede ser perjudicial (Molle 2016).

II. IMPORTANCIA DEL MOVIMIENTO EN LA APLICACIÓN DEL VENDAJE NEUROMUSCULAR

El VNM persigue proporcionar un rango de movimiento libre para permitir al cuerpo la cicatrización de la lesión sin restricciones biomecánicas (Kase 2000).

La aplicación del vendaje sobre la piel del caballo genera una alteración en el movimiento normal de esta piel y del tejido subyacente, que activa los receptores cutáneos y de esta manera puede influir en la información transmitida por el mecano receptor a tejidos que se encuentran en mayor profundidad. Así esta técnica sólo puede lograr un efecto completo cuando el tejido se moviliza (Ettl 2017), como ya se ha comprobado en estudios que evalúan su efecto en combinación con ejercicio; se observa un mayor efecto analgésico y una mejora funcional más evidente cuando se suman ambas terapias (Paoloni et al. 2011).

En el estudio del flujo circulatorio linfático en conejos, también se ha observado un aumento mayor del mismo cuando la aplicación de VNM se combina con ejercicio pasivo (Shim, Lee and Lee 2003).

III. FASCIA Y TENSEGRIDAD, SU PAPEL EN LOS EFECTOS TERAPÉUTICOS DEL VENDAJE NEUROMUSCULAR

Los tejidos son estructuras basadas en el principio de la tensegridad (**figura 22**), es decir, sus componentes (huesos, músculos, tendones, ligamentos, fascias...) forman una red que se estabiliza por fuerzas opuestas de tensión y compresión que mantienen el sistema en equilibrio (Ingber 2008). Esto supone que las fuerzas aplicadas en una parte del sistema tengan efecto también sobre zonas alejadas, y que los tejidos respondan a estas fuerzas, recuperando después su estructura original cuando estas fuerzas dejan de aplicarse.

La tensegridad también explica cómo las fuerzas mecánicas que reciben los tejidos influyen sobre la forma y función de las células que los componen. Del mismo modo, las terapias físicas que aplicamos sobre un tejido pueden influir en la actividad celular, generando cambios bioquímicos intracelulares y en la expresión génica a través de un proceso llamado mecano transducción (Ingber 2008).

La piel es el órgano vital más extenso del cuerpo y en base a este principio de tensegridad, se encuentra íntimamente relacionada, a través de la hipodermis, con la fascia superficial, y ésta, con la fascia profunda. Así mismo, la piel es uno de los principales órganos de relación con el medio que rodea a todos los organismos vivos, y contiene numerosos receptores específicos para cada estímulo recibido llamados exteroceptores (mecano receptores, propioceptores, termo receptores, nociceptores).

La conexión existente entre la piel y el tejido conectivo subyacente, basado en el principio de tensegridad, podría explicar que los estímulos ejercidos por el VNM sobre la piel, sean transmitidos a la fascia y de ésta a los músculos (Villota Chicaíza 2014). Así, se considera que el mecanismo clave a través del cual el VNM ejerce su efecto y acciones sobre el organismo es la modulación del sistema de fascias (Bridges and Bridges 2018).



FIGURA 22: ESTRUCTURA DE TENSEGRIDAD REPRESENTADA EN LA FIGURA DE UN CUADRÚPEDO. CORTESÍA DE ARTEFACTPRO.

IV. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VENDAJE

Este tipo de vendaje es resistente al agua y está fabricado en fibras de algodón junto con un polímero elástico, cuya composición permite a la piel transpirar, por lo que puede permanecer adherido a ella unos 3 a 5 días. El grosor de la venda varía entre marcas y generalmente se establece alrededor de los 0.5mm (0.44-0.55mm) (Fernández Rodríguez et al. 2010).

Elasticidad

El VNM presenta propiedades elásticas en su eje longitudinal, pero no transversalmente, es decir solamente puede ser estirado en un sentido cuando se aplica.

En la bibliografía, la descripción de la elasticidad o estiramiento máximo de este tipo de vendajes resulta confusa; mientras que algunos autores (y fabricantes) citan una elasticidad máxima de un 130-140% (Molle 2016, Wu, Hong and Chou 2015, Kalron and Bar-Sela 2013, Ettl 2017), otros describen porcentajes de entre un 30 y un 60% (Kase, Wallis and Kase 2003, Bridges and Bridges 2018). Entendemos que los primeros se refieren a una elasticidad que supera en un 30-40% la longitud basal del vendaje, de la misma forma que describen los segundos un 30-50% de elasticidad respecto de dicha longitud basal.

En un estudio realizado para evaluar las características de 5 marcas diferentes de vendaje, se observan diferencias marcadas entre los porcentajes de máxima

elasticidad entre unas y otras, que varían entre el 60 y el 110% (capacidad elástica respecto de su longitud basal). Este porcentaje de elasticidad puede calcularse en base a la longitud máxima de estiramiento (fórmula 1) o bien en base a la longitud basal de la tira (fórmula 2) (Golab, Kulesa-Mrowiecka and Golab 2017):

FÓRMULA 1

$$\frac{[\text{longitud alcanzada} - \text{longitud basal}]}{[\text{longitud máxima} - \text{longitud basal}]} \times 100\%$$

FÓRMULA 2

$$\frac{[\text{longitud alcanzada} - \text{longitud basal}]}{[\text{longitud basal}]} \times 100\%$$

Estos autores observan diferencias en el comportamiento elástico del vendaje de distintas marcas cuando se estira por encima del 50%, por lo que sostienen que la utilización de una marca u otra en técnicas que requieran un estiramiento mayor al 50% puede influir en los efectos terapéuticos. En estos casos proponen utilizar la segunda fórmula para describir el porcentaje de elasticidad respecto de la longitud basal de la venda.

Las variaciones observadas en las características mecánicas de vendas de distintas marcas (y colores), sugieren la importancia de estandarizar el uso de marca y color no sólo en el caso de la investigación sino también en el uso clínico diario (Fernández Rodríguez et al. 2010).

Capacidad adhesiva

El pegamento que presentan las tiras es acrílico (sin látex) y se activa con el calor, su disposición sobre el vendaje está diseñada para adaptarse al movimiento de la piel. No contiene ninguna sustancia medicamentosa.

Las marcas que fabrican VNM destinado a su uso con caballos utilizan pegamentos con mayor adherencia para sobrepasar la barrera del pelo (por ejemplo “Vetkin Tape®”, vendaje utilizado en este estudio, según la compañía las propiedades adhesivas de este vendaje son un 25% mayores que las del vendaje convencional utilizado en fisioterapia humana).

Condiciones de pre-estiramiento

La tira de vendaje se encuentra protegida por un papel al cual, durante su proceso de fabricación, es adherida con un 10% de estiramiento previo, según la bibliografía (Ettl 2017, Kase 2000) y los propios fabricantes (Thysol Group); aunque algunas

marcas pueden estar pre-estiradas en porcentajes mayores (25% Kinesio Tex®) (Kase et al. 2003).

Sin embargo, en el estudio ya citado, realizado para evaluar las distintas características técnicas de 5 marcas de VNM, se observó que en su mayoría no presentaban este porcentaje de estiramiento previo, sino valores más bajos (Golab et al. 2017); tan sólo una de las 5 marcas estudiadas presentaba un estiramiento de aproximadamente un 11% sobre el papel, frente a un 4,9% que presentaba el vendaje con menor estiramiento basal.

Colores

Este vendaje se fabrica en distintos colores (**figura 23**), y aunque no deberían existir diferencias técnicas entre ellos, se han constatado algunas variaciones de elasticidad (Golab et al. 2017) en los distintos colores dentro de una misma marca, y variaciones de tensión soportada respecto de la elongación, en el mismo color de dos marcas diferentes (Fernández Rodríguez et al. 2010).

Inicialmente el vendaje se fabricaba en color beige para no resaltar sobre la piel y minimizar su efecto visual cuando se aplicaba en zonas no cubiertas del cuerpo del paciente. La asociación de un vendaje beige con vendajes utilizados en medicina y por lo tanto con la presencia de lesiones, dio lugar a la fabricación en otros colores; actualmente la mayoría de fabricantes ofrecen un amplio abanico de colores para cubrir las preferencias de los consumidores como estrategia de marketing.

En términos de cromoterapia se puede aplicar un color u otro buscando distintos efectos (Molle 2016), basándose en las longitudes de onda y frecuencia de la luz que reflejan cada uno de ellos.

Los caballos identifican los colores de manera diferente a como los percibe el ser humano; al no tener sus ojos la capacidad de percibir la luz en longitudes de onda altas (420-540 nm), el rango de rojos y naranjas no son colores que ellos puedan distinguir. De igual modo, muchas de las aplicaciones no se realizan en zonas del caballo donde ellos puedan detectar la presencia del vendaje (por ejemplo sobre el dorso). Sin embargo algunas corrientes de tratamiento en caballos, sí apoyan el uso de un color u otro en base al efecto que se desee conseguir (Ettl 2017).

A la hora de realizar mediciones de temperatura sobre el vendaje, es necesario tener en cuenta que los colores más oscuros absorben más cantidad de luz por lo que su temperatura puede ser mayor que la de vendajes más claros, tal y como se describe al realizar termogramas de cebras, debido al contraste claro-oscuro de su pelo (McCafferty 2007).



FIGURA 23: EL VNM SE FABRICA EN DISTINTOS COLORES.

V. EFECTOS TERAPÉUTICOS DEL VENDAJE NEUROMUSCULAR

Los principales efectos del VNM que describe el Dr. Kenzo Kase en su tratado sobre “kinesio taping” son la analgesia, normalización del tono muscular, eliminación de la congestión venosa y linfática, mejora de la vascularización, corrección del alineamiento articular y mejora de la postura (Kase et al. 2003, Kase 2000, Blow 2012).

Según su creador, el principal objetivo del VNM es elevar la piel y aumentar el espacio subcutáneo (creación de circunvoluciones en la piel, **figura 24**), facilitando la circulación sanguínea y linfática, liberando la presión sobre los mecano receptores y aumentando la tasa de reparación tisular. Las circunvoluciones en el VNM y por lo tanto en la piel subyacente a éste, se producen cuando la cinta estirada, tiende a volver a su longitud inicial (Ettl 2017, KASE 2000).

Estos efectos han sido ampliamente estudiados en medicina humana y son objeto de muchas investigaciones a día de hoy, ya que la evidencia científica en algunos casos muestra resultados opuestos. Uno de los principales limitantes a la hora del estudio de sus beneficios en pacientes humanos es el efecto placebo (Wu et al. 2015), que en animales no se aplicaría; así mismo la gran variabilidad en cuanto a las técnicas elegidas, y al tipo de patologías estudiadas, pueden inducir al sesgo de los resultados (Kalron and Bar-Sela 2013).



FIGURA 24. CREACIÓN DE CIRCUNVOLUCIONES TRAS LA APLICACIÓN DEL VNM.

Efecto analgésico

Uno de los efectos más estudiados y descritos del vendaje neuro-muscular es el efecto analgésico. Varios autores (Castro-Sanchez et al. 2012, Paoloni et al. 2011, Chang et al. 2018) plantean la hipótesis de que la capacidad analgésica de esta técnica responde a la teoría del “Gate Control”(Melzack and Wall 1965). Según esta teoría el vendaje estimula las fibras nerviosas mielinizadas tipo A-beta, que son fibras gruesas de conducción rápida, cuya información se prioriza frente al estímulo doloroso a nivel de la médula espinal.

El contacto de la venda con la piel (sin necesidad de aplicar una tensión determinada) podría ser suficiente para generar un estímulo propioceptivo que proporcione un input al sistema nervioso central a través de los mecano receptores cutáneos (Velasco-Roldan et al. 2018).

En este proceso jugarían un papel importante los queratinocitos, principales células de la epidermis, que modulan la actividad de las neuronas sensoriales mediante la secreción de numerosas sustancias químicas (endorfinas, interleukinas...) en respuesta a estímulos químicos y físicos a nivel de la piel (como sería el VNM) (Lumpkin and Caterina 2007).

Así mismo, la elevación del tejido que genera el vendaje (circunvoluciones) disminuye la presión sobre los nociceptores y mejora la circulación sanguínea en la zona afectada, lo que permite el drenaje del edema y una analgesia indirecta derivada de la mejora circulatoria (Chang et al. 2012).

El efecto analgésico del VNM se ha estudiado en el campo de la fisioterapia humana, y se describe en la bibliografía en varios artículos. En uno de ellos, se compara su eficacia analgésica (técnica detonificante) respecto de la aplicación de corrientes analgésicas (TENS) y la aplicación de un programa de estiramientos, en el tratamiento del dolor miofascial en el músculo trapecio. Se observa un mayor efecto analgésico en los pacientes tratados con VNM, respecto de los otros grupos, especialmente en la fase inicial del tratamiento, con la ventaja de que el vendaje se aplica cada 3 días y el resto de terapias requieren de aplicación diaria (Azatcam et al. 2017). Otros autores no encuentran mejorías en la evaluación analgésica que sitúe al VNM como tratamiento de elección frente a otras terapias (Campolo et al. 2013, Paoloni et al. 2011).

Otros autores, estudiaron los efectos analgésicos del VNM aplicando la técnica de detonificación durante 8 aplicaciones en pacientes con dolor lumbar, comparando estos resultados con un grupo control que reciben vendaje sin aplicación de tensión (sin circunvoluciones). No observan diferencias estadísticamente significativas entre un grupo y otro por lo que cuestionan que el efecto analgésico sea debido a las circunvoluciones derivadas del estiramiento del vendaje y de la técnica de aplicación (Silva Parreira et al. 2014b).

Sin embargo en un estudio similar, en pacientes con dolor lumbar, en el que aplicaron el vendaje con y sin estiramiento e incluyendo un grupo control sin vendaje, observan una reducción del dolor significativa tras tres días de aplicar el vendaje en los dos grupos que recibieron esta terapia (Macedo et al. 2019). Chang y colaboradores, describen una buena respuesta analgésica tras la aplicación durante 24 horas en pacientes con dolor moderado y severo derivado de degeneración en los discos lumbares (Chang et al. 2018). En otro estudio, realizado también en 100 personas con dolor lumbar crónico, se describe efecto analgésico 45 minutos después de aplicar el vendaje en un patrón cruzado con la técnica de detonificación muscular (Celenay and Kaya 2019).

En un estudio realizado con pacientes con dolor lumbar inespecífico, se observó cierto efecto analgésico residual a las 4 semanas de retirar un vendaje en forma de estrella que los pacientes habían llevado durante una semana; sus autores sugieren que el efecto analgésico puede ser debido a una mayor consciencia por parte del paciente de la zona lesionada, evitando movimientos potencialmente lesivos y aumentando su actividad a pesar del dolor (Castro-Sanchez et al. 2012).

Se describe también efecto analgésico en otras regiones en pacientes humanos, por ejemplo en puntos gatillo en la musculatura de la pierna vendados con la técnica de detonificación a las 72 horas de aplicarlo (Hashemirad, Karimi and Keshavarz 2016), en dolor de hombro, con efecto inmediato, pero no prolongado tras la aplicación (Thelen, Dauber and Stoneman 2008), o en el dolor cervical (Saavedra-Hernandez et al. 2012, Kavlak, Bakar and Sari 2012, Gonzalez-Iglesias et al. 2009).

También hay autores que encuentran mejorías en el grado de dolor estadísticamente significativas en los grupos tratados con vendaje respecto de los

grupo placebo, pero consideran que las variaciones no tienen relevancia clínica (Thelen et al. 2008, Gonzalez-Iglesias et al. 2009).

En su mayoría, la evidencia científica apoya su efecto analgésico en el tratamiento del síndrome de dolor miofascial (Liu et al. 2019), aunque también existen algunos estudios que no obtienen resultados positivos en el tratamiento de puntos gatillo (una de las manifestaciones del síndrome de dolor miofascial) (Mohamadi et al. 2017).

El VNM es una técnica de bajo coste, escasas complicaciones y fácil de aplicar, que ha demostrado en varios estudios su eficacia analgésica aunque sin evidencia de que sus efectos sean prolongados (Kalron and Bar-Sela 2013, Thelen et al. 2008, Artioli and Bertolini 2014).

Efecto sobre la musculatura

La técnica del VNM permite optimizar la función muscular normalizando su tono. Debido a la capacidad elástica del vendaje, una vez colocado, va a tender a recuperar la longitud que presentaba antes de ser aplicado y estirado; esta tracción sobre la piel se va a transmitir a los tejidos subyacentes, estimulando a los mecano receptores del músculo (órgano tendinoso de Golgi y huso neuromuscular) para generar un efecto de activación o relajación muscular en base a cómo se coloque el vendaje (Molle 2016).

El creador de la técnica, Dr. Kenzo Kase, propone que el vendaje podría actuar simulando la función del órgano tendinoso de Golgi; este mecano receptor muscular, una vez activado produce una inhibición de la contracción muscular (reflejo miotático inverso), lo que proporcionaría analgesia en los casos de dolor muscular (Kase, Tatsuyuki and Tomoko 1996).

La clave para lograr un efecto de tonificación (activación muscular) o de detonificación (relajación muscular) depende del grado de estiramiento del músculo vendado, del porcentaje de estiramiento que se imprima al vendaje y de la dirección de colocación del mismo (de origen a inserción o viceversa) (KASE 2000).

En un estudio realizado en pacientes humanos con dolor crónico de espalda, se observó una normalización del patrón electromiográfico de la zona tratada tras la aplicación de VNM (estiramiento 40%) (Paoloni et al. 2011). Así mismo, (Yoshida and Kahanov 2007) describen un aumento del rango de flexión del tronco en individuos sanos, tras la aplicación de VNM según la técnica de activación muscular, mientras que (Gonzalez-Iglesias et al. 2009) reportan una mejora en el rango de movimiento cervical en pacientes que han sufrido el conocido como “latigazo cervical” tras 24 horas de aplicación de VNM con técnica detonificante. En este último estudio, aunque los resultados fueron estadísticamente significativos, los autores consideran que la mejoría no es clínicamente relevante.

Otros autores observan una mejora en la actividad tanto flexora como extensora de la rodilla de jockeys de carrera tras la aplicación de vendaje en las distintas cabezas

del músculo cuádriceps y de los músculos isquio-tibiales, según la técnica de tonificación muscular (Kim and Lee 2013).

Sin embargo, diversos estudios realizados en **pacientes sanos** con el objetivo de evaluar el efecto del VNM sobre la actividad muscular no aportan evidencia suficiente que pruebe su eficacia. Se han estudiado los efectos del VNM con la técnica de tonificación, detonificación y sin vendaje, aplicada en el antebrazo a una población homogénea y sana, sin observarse variaciones electromiográficas o alteraciones en la fuerza en ninguno de los tres grupos (Cai et al. 2016). Del mismo modo, la aplicación del VNM en el músculo gastrocnemio de individuos sanos, respecto de la aplicación de vendaje placebo, no muestra efectos significativos en el tono, fuerza o extensibilidad del músculo, con técnica detonificante (Gomez-Soriano et al. 2014), ni en la tasa de resistencia muscular, con técnica tonificante (Stedje, Kroskie and Docherty 2012).

Dos estudios investigan el efecto del VNM en la actividad muscular en caballos sanos, en el músculo braquiocefálico y extensor carpo-radial, y a nivel abdominal, mediante análisis cinemático y electromiográfico. El primero de ellos no obtiene diferencias significativas entre las mediciones basales sin vendaje, con vendaje y tras la retirada del vendaje, al aplicar sobre esta musculatura la técnica de tonificación (Zellner, Bockstahler and Peham 2017). Los autores sugieren que para obtener cambios en la fuerza muscular es posible que se requiera aplicaciones repetidas del vendaje o un mayor tiempo de aplicación del mismo, como describen (Kuo and Huang 2013) que tras 24 horas de aplicado el vendaje observan variaciones en la fuerza muscular en las manos de individuos sanos. En el estudio realizado sobre la región abdominal del caballo, no observan tampoco diferencias estadísticamente significativas entre las valoraciones con y sin vendaje en el rango de movimiento de la columna (Ericson et al. 2020).

Efecto circulatorio (circulación venosa y linfática)

Según el creador de la técnica, el VNM presenta un efecto de descongestión y redireccionamiento de la circulación linfática, al elevar la piel y crear canales que permiten al fluido moverse de mejor manera en el espacio intersticial mientras es dirigido a linfo-nódulos con capacidad de reabsorberlo (Molle 2016).

Del mismo modo actúa sobre el sistema circulatorio, mejorando la irrigación del área tratada al elevar la piel sobre la misma y facilitar la circulación sanguínea, lo que permite drenar el edema, responsable en gran parte del dolor ya que sensibiliza a los nociceptores. Así se atribuyen al VNM efectos que permiten controlar las consecuencias de la inflamación: reducción de la temperatura local, del rubor, del edema y de la congestión circulatoria (Molle 2016).

Estudios realizados en pacientes humanos con linfedema de distinto origen, muestra una reducción significativa del mismo tras la aplicación de VNM, y abre una vía hacia una alternativa terapéutica al tratamiento convencional de este tipo de patologías (Bialoszewski, Wozniak and Zarek 2009, Tsai et al. 2009). Del mismo modo se ha estudiado el efecto del VNM en la tasa de flujo linfático en conejos,

obteniéndose un aumento de la misma en los casos en los que el vendaje se combina con movilización pasiva, frente a la movilización sin aplicación de vendaje (Shim et al. 2003).

En relación con el efecto sobre la circulación local, encontramos en la bibliografía varios estudios en los que se ha evaluado el efecto del VNM sobre la temperatura de la piel. Slomka y colaboradores, describen una disminución de la temperatura tras la aplicación de VNM (técnica detonificante) durante 4 días en el área paravertebral lumbar de pacientes sanos, que aumentaba de nuevo una hora después de retirado el vendaje; en el grupo control, vendado también pero con un vendaje sin las características del VNM, no se producían variaciones en la temperatura local (medida con cámara termográfica) (Slomka et al. 2018). Estos autores desconocen los mecanismos fisiológicos de estas variaciones de temperatura.

Sin embargo, en un estudio realizado en la misma área, en el que cada sujeto actuaba como su propio control (vendaje con circunvoluciones según la técnica de aumento de espacio en un lado de la musculatura paravertebral y sin ellas en el otro), se observa una disminución leve de temperatura pasados los primeros 5 minutos, que se normaliza a los 15 minutos y continúa invariable tras retirar el vendaje, por lo que los autores concluyen que el VNM no produce un aumento de la circulación sanguínea (Yang and Lee 2018).

Racheniuk y colaboradores, estudian los efectos sobre la circulación local tras colocar un vendaje en "Y" en la zona lumbar de individuos con dolor intermitente, mediante termografía. Observan un aumento significativo de temperatura en la zona central entre las dos tiras tras 24 horas de colocado el vendaje, sin más variaciones de temperatura en otras zonas adyacentes al vendaje o sobre él (Racheniuk and al 2008).

En dos estudios independientes realizados para evaluar el efecto del VNM sobre la circulación local evaluada mediante flujometría LASER doppler, no se observaron variaciones en la circulación tras la aplicación de VNM con la técnica de aumento de espacio (Woodward, Unnithan and Hopkins 2015) ni con la técnica de tonificación muscular (Stedje et al. 2012).

Efecto sobre el alineamiento articular y la postura

Se ha postulado que el VNM ejerce un efecto directo sobre los receptores de la piel por lo que puede actuar modificando la información propioceptiva, ya que el estímulo ejercido sobre la piel es transmitido a los propioceptores que se encuentran en el tejido blando que rodea a la articulación. Estos estímulos desencadenan respuestas en el sistema nervioso central que mejoran la posición y el movimiento articular (Villota Chicaíza 2014).

También, a través de las técnicas que actúan sobre los ligamentos y aquellas que buscan tonificar la musculatura, es posible aportar cierta estabilidad pasiva a las articulaciones. En lesiones ligamentosas y tendinosas, y una vez pasada la fase

inflamatoria, la aplicación de VNM permite proteger al tejido dañado evitando un sobre-estiramiento y reeducar su función.

Mediante las técnicas de corrección fascial, el vendaje neuro-muscular libera la fascia y redirecciona su movimiento en la dirección fisiológica, eliminando de esta manera los bloqueos en la movilidad de otras estructuras, y actuando directamente sobre la reeducación postural.

Estos efectos se describen en varios estudios realizados en pacientes humanos con limitaciones funcionales asociadas a patologías de espalda que cursan con dolor, observándose un efecto analgésico y una mejora funcional (Paoloni et al. 2011, Castro-Sanchez et al. 2012, Macedo et al. 2019).

En caballos, se ha evaluado la eficacia de esta técnica en el tratamiento de las deformidades angulares en potros en dos casos de “carpus valgus” de 30 y 60 días de edad, aplicando un VNM sobre la cara medial del carpo para dar soporte al ligamento colateral medial carpal. La aplicación se realizó cada 5 días y se evaluó el ángulo articular a los 15 días tras el inicio del tratamiento observándose una mejoría total en el primer caso (153º ángulo inicial a 180º ángulo final) y casi completa en el segundo (162º ángulo inicial a 177º ángulo final), lo que sugiere que esta aplicación pueden ser útil en el tratamiento no invasivo de estas desviaciones (Mikail et al. 2019).

Además, en un estudio llevado a cabo en 6 caballos sanos vendados con un vendaje funcional elástico (sin las propiedades del VNM pero con cierta elasticidad), se observó una disminución de la fuerza de reacción que el miembro ejercía sobre el suelo, lo que era indicativo de que el vendaje ejercía cierto soporte mecánico y mejora de la propiocepción; así mismo se observó una limitación de la flexión del menudillo (articulación metacarpo-falángica) en la fase de vuelo (Ramon et al. 2004).

Consultando los artículos de revisión publicados que analizan los efectos del VNM en poblaciones de individuos con patologías músculo-esqueléticas de distinta índole, la mayoría de autores coinciden en que falta evidencia clínica para justificar sus efectos y un mayor número de estudios con mejor calidad metodológica (Williams et al. 2012, Kalron and Bar-Sela 2013, Wu et al. 2015, Silva Parreira et al. 2014a).

VI. BASES DE LA APLICACIÓN DEL VENDAJE NEURO-MUSCULAR

Formas y partes de la tira

Cada porción de vendaje que se aplica se puede dividir en tres secciones, dos zonas en los extremos, que se denominan anclajes y una zona central que es la porción funcional que genera el efecto deseado. Los anclajes o extremos siempre se adhieren a la piel sin ninguna tensión, ya que su finalidad es mantener la porción central funcional adherida y evitar que se despegue.

Estos anclajes deben ser lo más amplios posibles, para asegurar que la venda se mantenga sobre la piel, y no deben ser colocados sobre la zona de tratamiento sino fuera de ésta. Las esquinas de los anclajes se recortan de manera redondeada, ya que así se evita que se despeguen de manera prematura (o al menos tardarán más tiempo en hacerlo que cuando terminan en pico).

Las principales formas en las que se recortan las tiras de vendaje, según el efecto que se desee y la zona a vendar, son (Kase et al. 2003) **(figura 25)**:

- Vendaje en forma de "I": es la forma más sencilla que se utiliza para aplicaciones musculares, ligamentosas y sobre cicatrices; se recorta una tira única con sus esquinas redondeadas.
- Vendaje en forma de "Y": en este caso de un anclaje único salen dos tiras por medio de la división de la tira original, así tendremos un anclaje en un extremo y dos anclajes en el otro extremo. Este tipo de tira se utiliza en aplicaciones fasciales y musculares para poder cambiar la dirección de tensión de cada una de las dos tiras o en músculos amplios para abarcar más superficie de tratamiento.
- Vendaje en forma de "X" o en estrella: se utiliza para mejorar la distribución de la tensión; la tensión se aplica en el centro de la "X" y los extremos funcionan como anclajes.
- Vendaje en "abanico/pulpo": es un tipo de vendaje que se emplea para activación del sistema linfático; de un mismo anclaje se cortan un mínimo de 4 tiras (de pequeña anchura), cada una con su anclaje final. En ocasiones este patrón de vendaje puede utilizarse en aplicaciones musculares cuando el músculo que se desea vendar es muy amplio.
- Aplicaciones múltiples: se consigue cruzando tiras en forma de "I" en distintos ángulos, colocando varias tiras paralelamente, con otras en ángulo de 90°. Estas aplicaciones se utilizan en cicatrices, zonas fibróticas, hematomas etc.

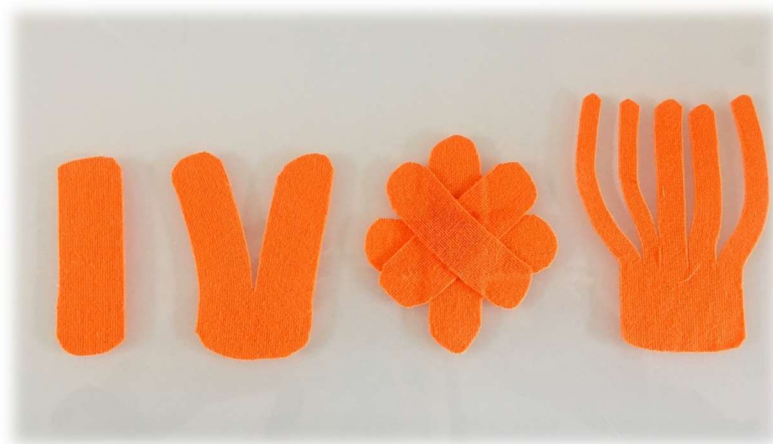


FIGURA 25: FORMAS DE RECORTE DEL VNM: EN "I", 2N "Y", "ESTRELLA" Y "PULPO O ABANICO" (de izquierda a derecha).

Porcentajes de estiramiento

Para cada técnica se describe un porcentaje de estiramiento adecuado del vendaje para lograr su efecto, aunque en la práctica clínica no es habitual realizar aplicaciones midiendo con precisión el porcentaje de elongación que se imprime al vendaje. El porcentaje generalmente se refiere a la longitud que se alcanza respecto de la máxima longitud de la tira, aunque como se ha comentado puede describirse en base a la longitud basal sin estiramiento de la misma.

Según la fuerza aplicada para estirar el vendaje se describe (Ettl 2017):

- sin estiramiento: 0%
- estiramiento muy ligero: 10-20%.
- estiramiento ligero: 20-40%.
- estiramiento medio: 40-60%.
- estiramiento fuerte: 60-80%.
- estiramiento muy fuerte: 100%.

La relación entre el estiramiento aplicado al vendaje y su efecto, es un tema que se ha evaluado en varios estudios en humana que comparan los efectos del vendaje aplicado con estiramiento respecto de sus efectos cuando no se aplica, en individuos con patrones de dolor y limitaciones funcionales similares. Algunos autores no encuentran diferencias entre la aplicación con y sin estiramiento, logrando efecto analgésico en ambos casos (en mayor o menor medida), y cuestionan la teoría de que el porcentaje de elasticidad aplicado y la formación de circunvoluciones explique el efecto terapéutico del vendaje (Velasco-Roldan et al. 2018, Silva Parreira et al. 2014b, Macedo et al. 2019).

Sin embargo, en otros estudios obtienen reducciones considerables en el dolor y la incapacidad funcional en los pacientes con dolor lumbar inespecífico que reciben la terapia con estiramiento frente al grupo control que recibe el placebo sin estiramiento (Castro-Sanchez et al. 2012).

La dirección en la que se aplica la venda va determinar la dirección del efecto, que va a ser opuesto al sentido en el que se estira la cinta; así, si en una tira en "I" aplicamos el estiramiento desde la base (anclaje) hacia el anclaje opuesto, una vez pegada, la cinta va a retraerse hacia la base, generando un efecto en ese sentido. Si a una tira en "I" le imprimimos el estiramiento desde su centro hacia sus extremos (anclajes), tenderá a retraerse y a crear circunvoluciones hacia el centro de la misma (técnica de "aumento de espacio").

Indicaciones de la técnica

El VNM se utiliza en el campo de la fisioterapia (humana y veterinaria) como un complemento de las técnicas manuales y eléctricas, así como de los tratamientos médicos y quirúrgicos.

Sus principales indicaciones son:

- eliminación del dolor.
- tratamiento de desequilibrios musculares (espasmo muscular o hipotonía).
- soporte en los casos de tendinopatías y desmopatías
- inestabilidad articular (afectación de ligamentos periarticulares).
- drenaje de edemas (activación linfática).
- estimulación del sistema nervioso.
- tratamiento de limitaciones en la fascia y adherencias, así como tejido cicatricial /fibrosis.

Contraindicaciones de la técnica

En cuanto a las contraindicaciones de su uso, las que se advierten en fisioterapia equina, son (Ettl 2017):

- heridas abiertas
- regiones infectadas
- lesiones o irritaciones en la piel, así como cualquier enfermedad que afecte a la piel o el pelo.
- cojeras no diagnosticadas.
- fisuras /fracturas, así como lesiones tendinosas o ligamentosas en fase aguda con dolor intenso.
- edemas con compromiso renal o cardiaco por riesgo de sobrecargar estos sistemas.
- caballos sometidos a terapias con corticoides de larga duración (sensibilidad de la piel), o bien tratados con fármacos anticoagulantes.
- hembras gestantes (aplicaciones que pueda afectar al feto).

Además se debe descartar su aplicación en pacientes que presenten reacciones alérgicas al vendaje. La incidencia de estas reacciones es baja pero debe ser tenida en cuenta. En un estudio realizado en humana, de 136 pacientes vendados 3 presentaron reacciones alérgicas que desaparecieron tras la retirada del vendaje y no requirieron de terapia antihistamínica (Silva Parreira et al. 2014b).

VII. CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN EN CABALLOS

La extrapolación de la técnica de vendaje neuromuscular desde el campo de la fisioterapia humana al campo de la fisioterapia animal, conlleva algunas dificultades relacionadas con la presencia de pelo abundante en la piel animal. El pelo limita la adhesión del vendaje y dificulta su efecto sobre la piel.

Para minimizar las limitaciones provocadas por el pelo es recomendable utilizar vendas que hayan sido fabricadas específicamente para animales, ya que presentan un pegamento con mayor poder de adhesión, y se fabrican en distintas anchuras (hasta 10cm) por lo que permiten vendar zonas más amplias; además se sugieren distintas recomendaciones a llevar a cabo antes de vendar un caballo (Ettl 2017):

- rasurar las zonas donde el vendaje vaya a ser colocado. Esta opción no es siempre posible especialmente cuando hablamos de caballos de deporte.
- limpieza en profundidad de la piel y el pelo para eliminar la grasa y la suciedad, y de esta manera mejorar la adhesión. Esta limpieza puede llevarse a cabo con agua y jabón (requiere un secado de mayor duración), o bien con alcohol unos minutos antes de aplicar el vendaje.
- utilizar adhesivos o sprays adherentes.
- evitar el uso de acondicionadores o abrillantadores sobre el pelo del animal días antes de la aplicación del vendaje.
- frotar con firmeza el vendaje una vez colocado sobre la piel del caballo para calentar el pegamento y de esta manera mejorar su adhesión.
- conservar el vendaje adecuadamente en un ambiente fresco y seco, evitando su cercanía a fuentes de calor.

Una vez elegido un vendaje adecuado y preparada la piel, es necesario seguir unas pautas adecuadas de colocación del mismo para prolongar el tiempo de adhesión sobre el caballo.

Las vendas deben ser cortadas con tijeras de alta calidad que no deshilachen los extremos del vendaje; estos bordes, que funcionan como anclajes (sin tensión) para evitar que se despeguen, deben ser recortados siempre de manera circular, evitando de esta forma que se levanten sus esquinas prematuramente (técnica del redondeo de los extremos).

El caballo puede trabajar y ser montado con el vendaje puesto aunque esto puede influir sobre la duración del mismo, especialmente si se coloca en zonas donde exista fricción con el equipo (riendas, montura, cincha, protectores), o si transpira durante el ejercicio (**figura 26**).



FIGURA 26: CABALLO TRABAJANDO A LA CUERDA CON VNM EN LA REGIÓN DEL DORSO.

La retirada del vendaje de la piel del caballo debe realizarse siempre a favor del pelo, lentamente y en dirección paralela al fragmento de venda restante (evitar realizarlo de manera perpendicular). En cuanto al tiempo que se debe mantener colocado el vendaje, en humana se describe que una óptima adherencia se mantiene durante 3 a 4 días (Blow 2012).

VIII. TECNICAS APLICADAS AL CABALLO

Aplicación muscular

El objetivo de las aplicaciones musculares es permitir al cuerpo optimizar la función muscular, corrigiendo desequilibrios para que se recupere la sinergia en la activación de músculos agonistas y antagonistas. Así las aplicaciones musculares se pueden dividir, en base a su efecto, en aplicaciones tonificantes (activan el músculo) o detonificantes (relajan el músculo).

- **Aplicación tonificante:** el objetivo es activar la función muscular y para ello se utilizan tiras en forma de "I" (o "Y" en el caso de músculos de gran dimensión), cuya base (anclaje) se sitúa en el origen del músculo y su extremo (segundo anclaje) se dirige hacia su inserción, aplicando un estiramiento al vendaje de aproximadamente un 25%. No es necesario para esta aplicación modificar la posición del músculo (Ettl 2017).

- **Aplicación detonificante (figura 27):** para relajar la función muscular se colocan tiras, con las mismas formas descritas en la aplicación tonificante, pero en este caso la base se coloca en el punto de inserción del músculo y el anclaje final, en el origen. Es necesario estirar el músculo sobre el que se coloca el vendaje durante la aplicación (para lograr circunvoluciones) sin aplicar estiramiento a las tiras, sino que se aprovecha el 10% de pre-estiramiento que ya incorporan al retirarse el papel protector (aplicación “paper off”) (Ettl 2017).
- En puntos gatillo dentro de la musculatura, con el objetivo de proporcionar analgesia, se puede aplicar la **técnica de aumento de espacio**, en la que la parte central de la tira se estira hacia los extremos. El estiramiento que se le imprime al vendaje varía según los autores, aunque todos señalan que un 50% es adecuado; el Dr. Kase indica que el estiramiento debe ser de entre un 25 y un 50% (Kase et al. 2003), mientras que otros textos indican que puede ser mayor al 50% (Ettl 2017). Los anclajes siempre se adhieren sin estiramiento. Esta técnica se puede utilizar en cualquier punto donde se localice dolor ya que su finalidad es elevar la piel sobre el tejido subyacente para mejorar la vascularización y liberar la presión sobre los nociceptores.



FIGURA 27: APLICACIÓN DETONIFICANTE DE VNM SOBRE LA PORCIÓN BRAQUIAL DEL MÚSCULO BRAQUIOCEFÁLICO.

En un estudio realizado en caballos con patología sacro-iliaca diagnosticada, se realizó una aplicación semanal de VNM con la técnica de aumento de espacio sobre la región de proyección sacro-iliaca (**figura 28**) y con la técnica de activación sobre el músculo glúteo medio; se valoró la evolución mediante algometría y análisis biomecánico observándose una disminución de dolor local así como un aumento de la longitud del tranco al trote, tras tres semanas de aplicación (aplicación semanal) (Molle, Ruggeri and D'Omofrio 2012).



FIGURA 28: APLICACIÓN DE VNM SOBRE LA ZONA DE PROYECCIÓN SACRO-ILIACA EN BASE A LA TÉCNICA DE AUMENTO DE ESPACIO.

Aplicación en ligamentos y tendones

En la aplicación en tendones el objetivo es disminuir la tensión en dicha estructura, actuando sobre el propio tendón y también relajando la musculatura del mismo. La base del vendaje debe colocarse sobre la región de inserción ósea del tendón y su segundo anclaje en la porción muscular, o bien es posible alargar el vendaje y que la porción tendinosa se complete con un vendaje de detonificación que cubra toda la longitud del músculo hasta su origen.

La porción tendinosa se venda con un estiramiento cercano al 75%, para producir cierta estabilidad; la porción muscular según la técnica de detonificación ya descrita (Ettl 2017).

En el caso de los ligamentos, el objetivo del vendaje neuro-muscular es estabilizar dicha estructura. La técnica que generalmente se utiliza es la de aumento de espacio a lo largo del ligamento con un estiramiento superior al 50% (sin alcanzar un 100% porque ya se estaría generando una restricción en la movilidad, que no es el objetivo del vendaje neuromuscular).

Dentro de este grupo se incluyen las técnicas para la corrección postural que actúan mediante la activación propioceptiva.

Aplicación en cicatrices

La limitación en la movilidad del tejido que supone la presencia de un tejido fibrótico, lo hace susceptible de ser tratado con vendaje neuro-muscular. Las cicatrices nunca deben ser vendadas hasta que la herida se encuentre totalmente cerrada (Ettl 2017).

Existen diferentes técnicas para la aplicación del vendaje en cicatrices en base a la línea que ésta siga y a su tamaño. La más utilizada es la técnica de tiras cruzadas (“cross-tape”) consiste en la colocación de tiras de pequeña anchura en un ángulo de 45º respecto de la cicatriz, cruzadas sobre ella, formando entre las tiras ángulos de 90º (**figura 29**). Estas tiras se colocan según la técnica de apertura de espacio imprimiendo una tensión superior al 25 % en base a la cronicidad de la cicatriz y a la presencia de dolor que pudiera existir (menor tensión en cicatrices que sean dolorosas) (Ettl 2017).



FIGURA 29. APLICACIÓN DE VNM EN UNA CICATRIZ BAJO LA TÉCNICA DE TIRAS CRUZADAS.

Aplicación linfática

En los casos en los que es necesario activar el sistema linfático, la aplicación de VNM resulta de gran utilidad en combinación con otras técnicas manuales de drenaje. En esta aplicación la forma de vendaje elegida es “en abanico” o tipo “pulpo” con un amplio anclaje del cual salen al menos 4 tiras longitudinales (pueden ser más en vendajes de mayor anchura) (**figura 30**).

La base del vendaje debe colocarse en la región hacia la cual se quiera drenar (próxima a zona ganglionar) y las tiras longitudinales son adheridas a lo largo del área problema con un estiramiento muy bajo (aproximadamente un 10 % que es el que ya tiene el vendaje adherido sobre el papel).

En un estudio realizado en caballos sometidos a artroscopia femoro-tibio-patelar, se observó una notable mejora del edema post-quirúrgico a las 24h tras la cirugía, en

el grupo vendado (aplicación linfática en “pulpo” o “abanico”) frente al grupo control no vendado. No se observaron variaciones en los patrones de temperatura superficial en ambos grupos, evaluados mediante termocámara (Mattos et al. 2017).



FIGURA 30. APLICACIÓN DE VNM BAJO LA TÉCNICA DE “PULPO O ABANICO”.

Aplicación fascial

El objetivo de la aplicación fascial es disminuir las restricciones que presente el tejido conectivo para permitir la movilidad de las capas de tejido que se encuentran bajo la piel.

Generalmente se emplean tiras en forma de “Y” colocando el anclaje en la zona hacia la cual se encuentra la restricción; desde ese lugar las tiras se adhieren sobre la zona restringida con un estiramiento de entre un 10 y un 50%. El anclaje final quedaría entonces situado en el lado opuesto hacia donde se encuentra la restricción.

IX. EL VENDAJE NEUROMUSCULAR EN LA PATOLOGÍA DE DORSO DEL CABALLO

A nivel del dorso del caballo, las aplicaciones específicas que se describen son (Ettl 2017):

- Aplicación detonificante sobre la musculatura paravertebral de la región toracolumbar.
- Aplicación de bandas en formas de “I” con la técnica de apertura de espacio, sobre apófisis espinosas que muestren signos de dolor a la palpación (se describe hasta 100% de tensión).

- Aplicación de vendajes tonificantes sobre la musculatura abdominal. El objetivo de esta aplicación es lograr la activación de la musculatura abdominal para de esta forma conseguir aumentar la flexión de la región toraco-lumbar (por activación de la musculatura antagonista).
- Aplicaciones fasciales en casos de dolor miofascial y retracción de la fascia toraco-lumbar (**figura 31**).



FIGURA 31: APLICACIÓN FASCIAL DE VNM SOBRE EL DORSO DEL CABALLO.

3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Basándonos en lo anteriormente expuesto, justificamos la realización de este estudio en:

- ⊗ la alta incidencia clínica que presentan las patologías de dorso, especialmente localizadas sobre sus apófisis espinosas (Jeffcott 1979, Jeffcott 1980), y la limitación deportiva que generan estas patologías.
- ⊗ la necesidad derivada de las exigencias de la competición, de contar con tratamientos no invasivos y no farmacológicos que permitan proporcionar analgesia al caballo sin limitar su funcionalidad.
- ⊗ la escasez de trabajos de investigación que describan los efectos de este tipo de vendaje sobre el caballo, a pesar de que su uso se encuentra ya muy extendido, existiendo una falta de bibliografía que apoye sus beneficios en el campo de la fisioterapia equina.
- ⊗ la falta de correlación entre las características técnicas del vendaje que se describe en los tratados sobre vendaje neuro-muscular, y las propiedades reales que presentan.
- ⊗ la experiencia clínica de la autora con el vendaje neuro-muscular aplicado en caballos con dolor en apófisis espinosas, bajo las indicaciones de la técnica de aumento de espacio, con resultados satisfactorios pero no sustentados sobre publicaciones científicas.

4. OBJETIVOS

Nuestra hipótesis sostiene que el vendaje neuromuscular aplicado sobre las apófisis espinosas del caballo, con un estiramiento del 50%, produce un aumento de los umbrales nociceptivos mecánicos y de la temperatura superficial, frente a su aplicación sin estiramiento. En base a ella formulamos los siguientes objetivos.

Objetivo principal

Evaluar el efecto del vendaje neuromuscular (técnica de “aumento de espacio”) sobre el umbral nociceptivo mecánico de las apófisis espinosas de la región toracolumbar del caballo, así como sobre la circulación local, evaluada en términos de variación de temperatura superficial.

Objetivos secundarios

- ✓ evaluar las características físicas del vendaje neuromuscular utilizado.
- ✓ comparar los efectos descritos (variación de temperatura y de umbrales nociceptivos mecánicos) en base a la presencia o no de circunvoluciones en el tejido (colocar el vendaje con estiramiento frente a no estirarlo).
- ✓ valorar la tolerancia de los caballos a las mediciones con algómetro, así como la repetibilidad de la técnica.
- ✓ valorar la tolerancia de la piel del caballo al vendaje neuromuscular así como la durabilidad de éste.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MATERIALES

I. DESCRIPCIÓN DE LOS INDIVIDUOS. CRITERIOS DE INCLUSIÓN / EXCLUSIÓN.

Los 15 caballos incluidos en el estudio presentaban edades comprendidas entre los 7 y los 22 años (promedio 15.5 años), y se encontraban ubicados en 4 centros hípicas de la Comunidad de Madrid (**tabla 4**).

Inicialmente fueron seleccionados 17 caballos, dos de ellos mostraron un comportamiento que impidió concluir el protocolo experimental, por lo que sus datos no han sido incluidos en el estudio.

Para determinar el número de caballos necesarios se realizó un estudio de potencia para la t de Student pareada; se observó que para detectar una diferencia de 4 puntos en el umbral nociceptivo, con una desviación típica también de 4, se obtenía una potencia del 95% (p valor 0.05) con 16 caballos.

IDENTIFICACIÓN	LUGAR	EDAD	CAPA	RAZA	SEXO	APTITUD	ESTABULACIÓN	CUERDA	MONTADO	LONG PELO CM	TRATAMIENTOS DORSO
1	ALDEA ECUESTRE	16	TORDO	PRE	ME	DOMA CLÁSICA	BOX	SI	4/SEM	0,8	FISIOTERAPIA > 2 AÑOS
2	ALDEA ECUESTRE	15	TORDO	CRUZADO	MC	CLASES	PRADO	NO	5/SEM	0,7	NO
3	ALDEA ECUESTRE	20	ALAZAN	CRUZADO	MC	CLASES	PRADO	NO	5/SEM	1	NO
4	ALDEA ECUESTRE	18	TORDO	PRE	ME	DOMA CLÁSICA	BOX	NO	5/SEM	0,8	NO
5	ALDEA ECUESTRE	12	RUANO	CRUZADO	MC	CLASES	PRADO	NO	5/SEM	1	NO
6	ALDEA ECUESTRE	22	CASTAÑO	PSI	H	CLASES	PRADO	NO	5/SEM	0,8	FISIOTERAPIA > 2 AÑOS
7	ALDEA ECUESTRE	14	TORDO	PRE	H	CLASES	PRADO	NO	5/SEM	0,9	NO
8	ALDEA ECUESTRE	12	PIO	CRUZADO	H	CLASES	PRADO	NO	5/SEM	1	NO
9	ALDEA ECUESTRE	18	TORDO	CRUZADO	MC	CLASES	PRADO	NO	5/SEM	1	NO
10	ALDEA ECUESTRE	15	CASTAÑO	CRUZADO	MC	CLASES	PRADO	NO	5/SEM	1,1	NO
11	LOS NAVAZUELOS	16	CASTAÑO	CDE	MC	SALTO	BOX	NO	6/SEM	0,8	FISIOTERAPIA > 6 MESES
12	LOS NAVAZUELOS	13	CASTAÑO	CDE	H	SALTO	BOX	NO	6/SEM	0,8	FISIOTERAPIA > 2 MESES
13	YEG CASAVIEJA	14	CASTAÑO	SILLA BELGA	H	SALTO	BOX/PRADO	SI	4/SEM	0,6	NO
14	SOTO DEL ESPINAR	21	TORDO	CRUZADO	MC	DOMA CLÁSICA	BOX	SI	3/SEM	1	NO
15	SOTO DEL ESPINAR	7	TORDO	CRUZADO	MC	DOMA CLÁSICA	BOX	SI	3/SEM	0,9	NO

TABLA 4. DATOS GENERALES DE LOS INDIVIDUOS INCLUIDOS EN LA MUESTRA.

La distribución por sexos fue de la siguiente manera: 5 hembras, 8 machos castrados y 2 machos enteros. Respecto a la raza, la mayor parte eran caballos cruzados (n=8), y el resto eran Pura Raza Española (PRE n=3), Caballo de Deporte Español (CDE n=2), Pura Sangre Inglés (PSI n=1) y Silla Belga (n=1) (**figura 32**).

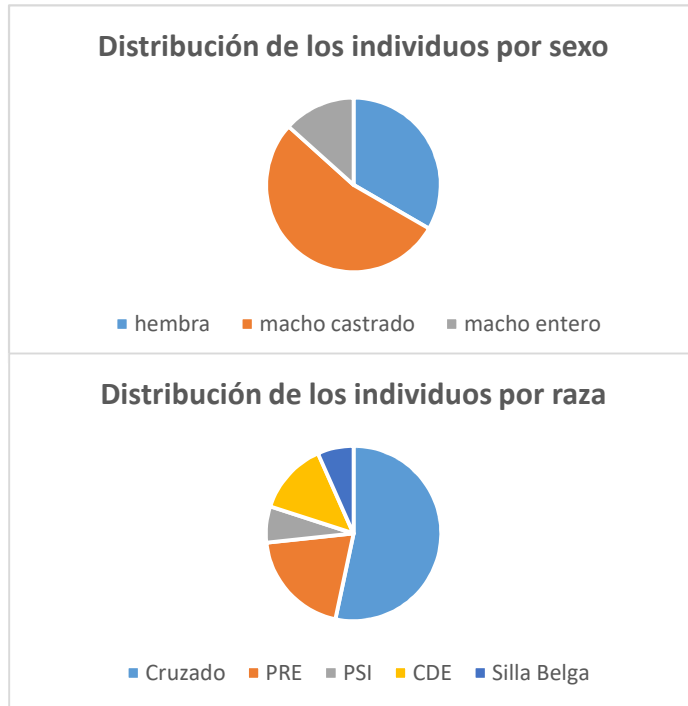


FIGURA 32: GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE ANIMALES POR SEXOS Y POR RAZA.

Ocho de los caballos seleccionados pertenecían a una escuela de equitación y se utilizaban para clases de doma y salto de nivel básico (n=8), los animales restantes presentaban aptitud salto (n=3) y doma clásica (n=4), compitiendo en niveles intermedios de competición amateur.

Respecto a su manejo, en su mayoría no vivían permanentemente estabulados (n=9), teniendo acceso a un paddock durante varias horas al día. Sólo 4 caballos trabajaban pie a tierra con regularidad, el resto únicamente lo hacían montado (n=11). El número de veces que se montaban por semana variaba entre 3 y 6 (**figura 33**).

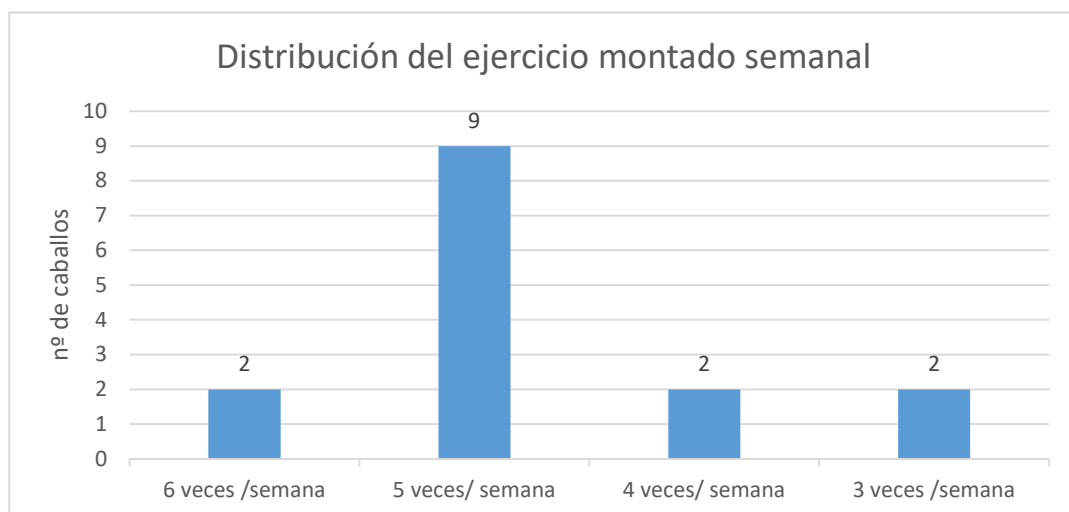


FIGURA 33. GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DEL EJERCICIO MONTADO SEMANAL.

En cuanto al pelo y a la capa, 7 de ellos eran tordos, 5 castaños, 1 alazán, 1 pío y 1 ruano; la longitud de su pelo variaba entre 0.6 y 1.1 cm (media de 0.88 cm). El estudio se llevó a cabo durante el mes de agosto para evitar que los caballos presentaran longitudes de pelo largas que pudieran influir en la adhesión de la cinta de vendaje y en sus efectos (**figura 34**).

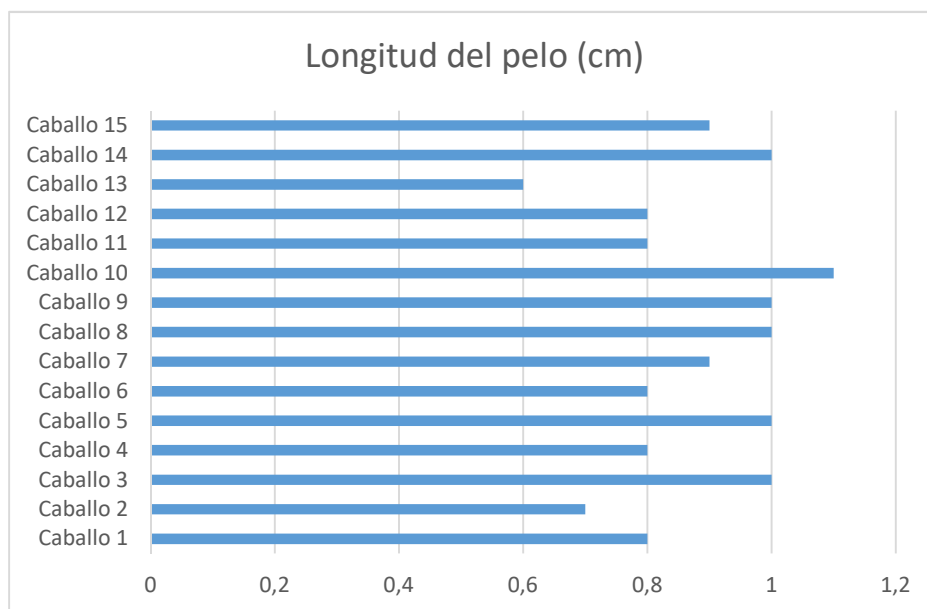


FIGURA 34: GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD DEL PELO A NIVEL DEL DORSO.

Ningún caballo recibió medicación ni tratamiento clínico o fisioterapéutico en los 15 días anteriores a la realización del estudio. En su mayoría nunca habían recibido un tratamiento médico o de fisioterapia en su dorso (n=11), aunque algunos sí habían sido sometidos a terapias fisioterapéuticas en el último año (n=2,) o bien hacía más de dos años (n=2).

De los dos caballos que no pudieron concluir el estudio, y que por lo tanto sus datos no fueron incluidos, uno presentaba una marcada intolerancia a las mediciones realizadas con el algómetro de presión, mostrando un comportamiento agresivo y potencialmente peligroso para el caballo y el operador. El otro caballo fue eliminado del estudio al observarse que se quitaba las tiras de vendaje una vez colocadas (se las mordía y se revolcaba hasta que se desprendían).

Los criterios de inclusión considerados, fueron:

- ★ Caballos que en el momento del estudio realizaban actividad física moderada, en cualquier disciplina deportiva y que se montaban de manera regular (al menos tres veces por semana).
- ★ Caballos que antes del inicio del estudio no hubieran sido diagnosticados de patología de dorso.

- ★ Caballos con una longitud de pelo inferior a los 1.2 cm.
- ★ Caballos de cualquier edad, raza y sexo, siempre que cumplan los requisitos anteriores.

Respecto a la presencia de signos clínicos de dolor de dorso, no se realizó la inclusión de los caballos en base a este parámetro, debido a la dificultad para encontrar una muestra de caballos homogénea con dolor en un mismo número y sobre las mismas apófisis espinosas, y que además no hayan recibido tratamiento.

Sin embargo, era requisito indispensable que los caballos se montaran con regularidad, ya que en estudios realizados sobre el dorso se sigue este mismo criterio (Sullivan, Hill and Haussler 2008), asumiendo que los caballos que se montan sufren molestias subclínicas en esa región derivadas de este ejercicio.

Los criterios de exclusión considerados, fueron:

- ★ Caballos que no hayan sido montados con una frecuencia mínima de 3 veces por semana en los últimos 6 meses.
- ★ Caballos que hayan sido sometidos a tratamiento médico localizado a nivel del dorso en los dos meses anteriores al estudio.
- ★ Caballos que presenten alta sensibilidad o intolerancia al uso del algómetro.
- ★ Caballos que estén recibiendo cualquier tipo de fármaco por vía oral o parenteral.
- ★ Caballos con una longitud de pelo que exceda los 1.2-1.5 cm en la zona del dorso.

Los propietarios de los caballos incluidos en el estudio fueron informados y firmaron un consentimiento previo al inicio de éste. Dicho consentimiento recogía de manera resumida los objetivos y protocolo del estudio y autorizaba a realizar los procedimientos (todos no invasivos) que éste requería **(ANEXO A)**.

II. EQUIPOS

Algómetro digital

Para la determinación objetiva del umbral nociceptivo se empleó un algómetro digital modelo “Prodplus” fabricado y comercializado por *Topcat Metrology LTD*® (Reino Unido) (figura 35).



FIGURA 35: ALGÓMETRO DE PRESIÓN MODELO PRODPLUS (TOPCAT METROLOGY LTD).

El equipo realiza mediciones en Newtons (N), se encuentra calibrado hasta valores de 25 Newtons (+/- 0.5N), y refiere en su manual de instrucciones que mediciones superiores a 25N pueden no ser precisas. Incorpora dos puntas metálicas (1 y 2mm de diámetro) y dos puntas de plástico (4 y 8mm de diámetro). La punta utilizada fue la de 2mm de diámetro (figura 36).



FIGURA 36: PUNTA METÁLICA UTILIZADA CON EL ALGÓMETRO (2MM DIÁMETRO).

En cuanto a la tasa de aplicación de la presión, el equipo cuenta con un sistema de luces que se iluminan cuando la tasa de aplicación excede los 2 newtons/segundo (luz roja) y cuando se queda por debajo de este valor (luz verde); de esta manera asegura una aplicación de presión constante (2N/seg) en todas las mediciones.

Las especificaciones técnicas del equipo son:

- Rango de fuerza: 0.5-25 N (precisión +/- 0.5N).
- Valor del blanco: 0 +/- 0.2N
- Alimentación: batería 9 V recargable
- Peso: 260 gramos

Vendaje neuromuscular

Empleamos para este estudio vendaje neuromuscular de la marca Vetkin® fabricado por Thysol Group BV (Holanda) y comercializado en España por la empresa Atena SL. Se trata de un vendaje adhesivo y elástico, fabricado en algodón (92%) y con una capa acrílica adhesiva no alcohólica, dispuesta en forma de “ola” para permitir la transpiración de la piel y contribuir al efecto drenante. No contiene látex, presenta propiedades similares a la piel (grosor, elasticidad, peso) y es resistente al agua.

La cinta presenta una anchura de 6 cm y cada rollo de vendaje mide 5 metros; está especialmente diseñado para su uso en caballos (mayor anchura de la tira que el de uso humano y mayor poder adhesivo).

El color de vendaje utilizado en el estudio fue el naranja, ya que era el color más claro disponible y de esta manera minimizamos la posibilidad de que absorba calor del medio (**figura 37**).



FIGURA 37. VENDAJE NEURMUSCULAR VETKIN TAPE.

Ecógrafo

Para la localización de las apófisis espinosas que fueron vendadas se empleó un ecógrafo portátil e inalámbrico de la marca EPTE®, fabricado por *Populus Machina Limited* (China) (**figura 38**).

Este ecógrafo consta de una sonda lineal de 5 cm de longitud conectado por medio de Bluetooth a un iPad Mini 3 que incluye el software de visualización de la imagen. El iPad se coloca sobre un soporte para facilitar al operador la visualización de la imagen desde una zona alejada del mismo.

Se empleó la frecuencia de 7.5Mhz.

Las especificaciones técnicas del equipo son:

- Sonda lineal multifrecuencia:
 - W5: 7.5MHz a 10 MHz (Armónicos)
 - W7: 7.5MHz a 10 MHz (Armónicos)
 - W10: 10 MHz a 14 MHz (Armónicos)
- Modos de visualización W7: B, B / B, B / M, color / PW / PDI.
- Modos de visualización W5 y W10: B, B / B, B / M.
- Escala de grises: 256
- Profundidad de escaneo: 20-55 mm
- Duración de la batería: 4 horas
- Ganancia: 0-100dB ajustable
- Medidas: longitud, ángulo, área y volumen.
- Software pre-instalado para dispositivos iOS y Android.

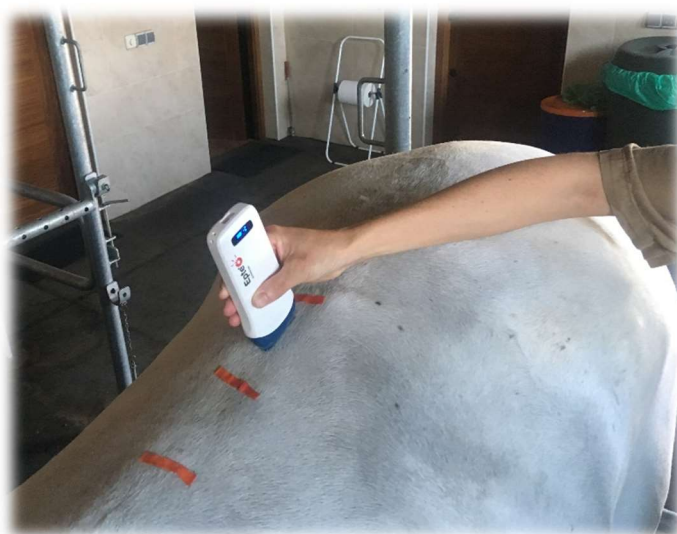


FIGURA 38: ECÓGRAFO INHALÁMBRICO EPTE.

Estación meteorológica

Para el registro de las condiciones ambientales, se utiliza una estación meteorológica de la marca "HAMA®", modelo TH-50, que permite la medición de temperatura ambiente y humedad relativa.

Placa termostatzada

Para el experimento de determinación de la absorción de temperatura por parte del vendaje, se utiliza una placa termostatzada que tiene la capacidad de calentarse a

la temperatura indicada y mantener esa temperatura de manera constante el tiempo necesario. Se utilizó una placa modelo “ThermoPlate®”, fabricada por Tokai Hit Electrónica.

Cámara de termografía

Utilizamos una cámara de termografía de la marca FLIR® modelo E5, fabricada en Estonia, con las siguientes especificaciones técnicas:

- Resolución de infrarrojos (IR): 120x90 pixeles
- Sensibilidad térmica: <0.10 °C (0.27 °F)
- Campo de vision (FOV): 45° x 34°
- Distancia mínima de enfoque: 0.5m
- Resolución espacial (IFOV): 6.9 mrad. Resolución de la cámara digital: 640 x 480)
- Frecuencia de imagen: 9hz
- Enfoque fijo
- Pantalla LCD color 3.0 pulgadas
- Modos de imagen: MSX, térmico, fusion térmica, cámara digital.
- Rango de medición de temperatura: -20°C a + 250°C (-4°F a + 482° F)
- Precisión de medición de temperatura +/- 2°C (+/- 3.6°F)
- Batería recargable de iones de litio (duración 4 horas en condiciones normales de uso).
- Peso: 0.575 kg

Randomizer

Se utiliza la aplicación informática “Randomizer” (www.randomizer.org) para aleatorizar la toma de mediciones.

Consumibles

- Alcohol 96°.
- Jabón de clorhexidina 0.8%.
- Tijeras.
- Palillos metálicos de punta roma.

- Cinta métrica.
- Marcadores (rotulador para piel “Blayco Skin Marker” color azul y rotulador “Alpino Crea Paint Marker” color negro y blanco).

B. MÉTODOS

I. EXPERIMENTOS PREVIOS AL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Verificación de las características elásticas del vendaje

Para estandarizar el protocolo debemos imprimirle al vendaje siempre el mismo estiramiento cuando va a ser colocado. Así, con el objetivo de conocer las características elásticas y corroborar la información facilitada por el fabricante, llevamos a cabo dos sencillos experimentos.

1. Determinación del grado de pre-estiramiento del vendaje

Según la descripción aportada por el fabricante y descrita en la técnica de vendaje neuro-muscular, este tipo de vendas presentan un estiramiento previo del 10% cuando se encuentran adheridas al papel protector.

Medimos y cortamos tres tiras de 20 cm de longitud, marcando con un bolígrafo una línea en cada una de sus extremos a 5cm del borde (ambas líneas delimitan una longitud de 10cm entre ellas). Una a una retiramos el papel protector y las pegamos (sin ejercer ninguna tensión sobre ellas) sobre una mesa de superficie lisa y no porosa. Medimos de nuevo la longitud entre ambas líneas marcadas una vez pegadas, obteniendo como resultado que la longitud medida entre las zonas marcadas tras eliminar el papel al que se encuentran pegadas es de 9,7cm (+/- 0.1cm), es decir, que el vendaje tendría un estiramiento del 3% al ser pegado al papel (**figura 39**).

Según la fórmula descrita por (Golab, Kulesa-Mrowiecka and Golab 2017):

$$\% \text{ de pre-estiramiento sobre el papel} = [(l_i) - (l_0) / l_0] \times 100$$

Donde l_i es la longitud inicial cortada y l_0 es la longitud obtenida tras retirar el papel protector.

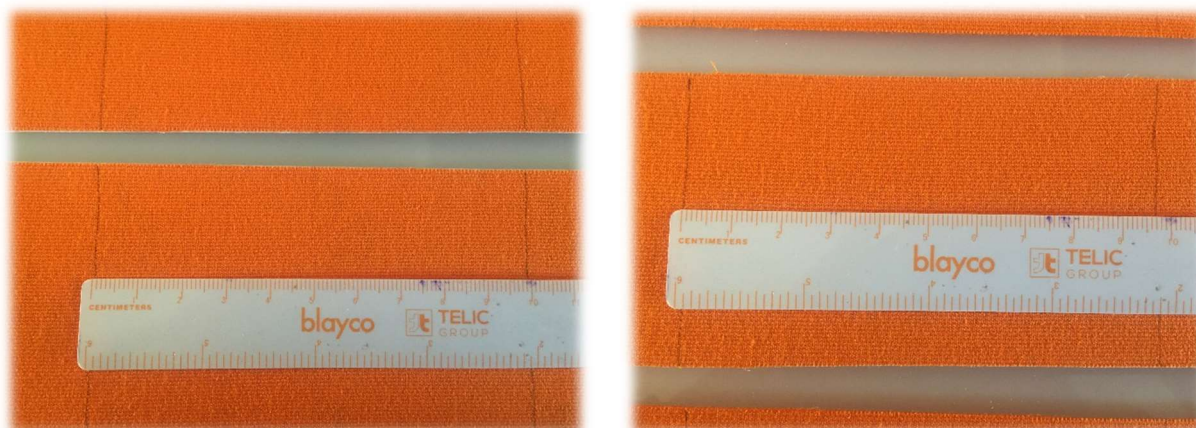


FIGURA 39: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE PRE-ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE. VENDAJE PEGADO AL PAPEL 10CM (IZQUIERDA), VENDAJE DESPEGADO DEL PAPEL PROTECTOR 9.7 CM (DERECHA).

2. Determinación de la capacidad de elongación del vendaje (límite elástico)

El **alargamiento** o **elongación** de un material es una magnitud que mide el aumento de longitud que experimenta dicho material cuando se le somete a un esfuerzo de tracción, antes de producirse su rotura. Este alargamiento se expresa en tanto por ciento (%) con respecto a la longitud inicial. Si el material es elástico se establece un **límite elástico** de alargamiento, por encima del cual ya no es posible recuperar la longitud inicial cuando cesa la tracción (el material queda permanentemente deformado, aunque en ese límite no llega a romperse).

Según la descripción aportada por el fabricante y descrita en la técnica de vendaje neuro-muscular, este tipo de vendas presentan una elasticidad del 130-140% (no se detalla si esa es su capacidad máxima de elongación/alargamiento o su límite elástico).

Realizamos este experimento para comprobar si la máxima elasticidad de la venda corresponde a esa capacidad elástica descrita.

Para ello, cortamos tres tiras de 20 cm de longitud y marcamos con bolígrafo dos líneas en cada una de ellas, a 5cm de los extremos. Sobre una superficie lisa pegamos los extremos de un lado (5cm) sin ninguna tensión y aplicamos la tensión máxima que permita el material a la zona marcada entre las líneas (10cm) para después pegar el extremo sobrante sin tensión de nuevo. Medimos la longitud del área entre ambas líneas (estirada a tensión máxima) y obtenemos en los tres casos una longitud de 17cm (+/- 0.2 cm), es decir, un alargamiento de un 70% (**figura 40**). Este alargamiento permitía la recuperación de la forma y longitud inicial con una mínima deformación, por lo que puede considerarse su límite elástico.

Tratando de alcanzar su máxima elongación, e incluso testar su límite de rotura, tratamos de repetir el ensayo tirando con más fuerza, logrando un alargamiento cercano a los 20cm pero deformando el tejido y estirando (sin que esta fuera la intención) una pequeña porción de los anclajes. Aplicando fuerza manual no logramos romper la cinta en ningún caso.

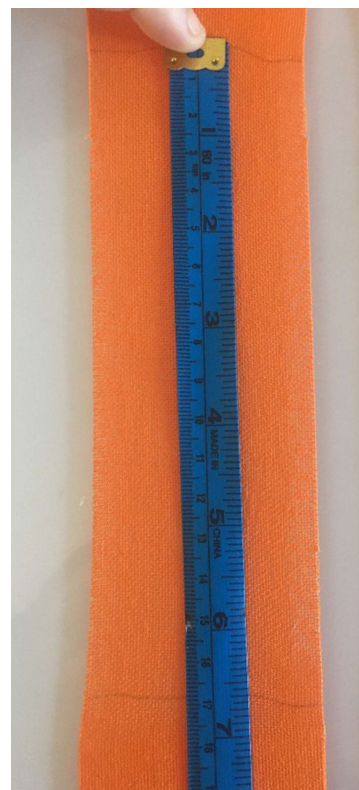


FIGURA 40: LONGITUD ALCANZADA POR LOS 10CM DE VENDA TRAS APLICAR UN ESTIRAMIENTO MÁXIMO.

Comprobación de la absorción de temperatura por parte del vendaje

Previo al inicio del estudio se realiza una prueba en laboratorio para determinar si las tiras de vendaje neuro-muscular son capaces de adaptar su temperatura a la temperatura de la piel del animal, y cuánto tiempo requieren para ello.

Se emplea una placa termostatazada electrónica (*“ThermoPlate Tokai Hit®”*), que de manera fiable establece y mantiene una temperatura fija sobre su superficie.

Se realizan dos experimentos a 28°C y a 40°C, para valorar la absorción en distintos rangos de temperatura. En el momento de la determinación la tira de vendaje neuro-muscular se encuentra a una temperatura de 24.2 °C; por medio del uso de pinzas se coloca sobre la placa termostatazada para posteriormente evaluar su temperatura por medio de cámara termográfica.

Se emplea una tira de vendaje neuro-muscular de la marca Vetkin® y del mismo color utilizado en la parte experimental de este estudio con caballos (color naranja).

- Experimento a 28°C: a los 3 minutos de ser colocada la tira de vendaje neuro-muscular sobre la placa, su temperatura es de 28°C.

- Experimento a 40°C: la tira parte de una temperatura de 28°C. A los 2 minutos 15 segundos de ser colocada sobre la placa, su temperatura es de 40°C (**figura 41**).

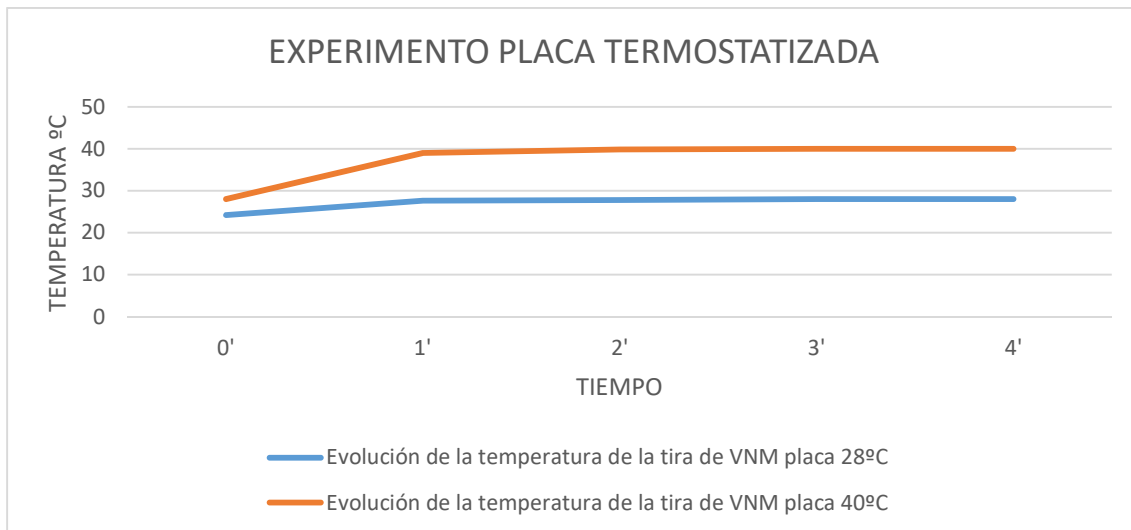


FIGURA 41. ABSORCIÓN DE TEMPERATURA POR PARTE DEL VNM COLOCADO SOBRE PLACA TERMOSTATIZADA A 28 Y A 40°C

No se observa en ningún caso un aumento de temperatura en la tira de vendaje que sea superior a la temperatura de la placa termostaticada, por lo que no acumula más calor del emitido y medido.

La conclusión que se obtiene de este experimento es que la tira de vendaje neuromuscular color naranja (Vetkin®) es capaz de adaptar su temperatura a la temperatura de la superficie sobre la cual se encuentra colocada en un tiempo estimado de 3 minutos (**figura 42**).

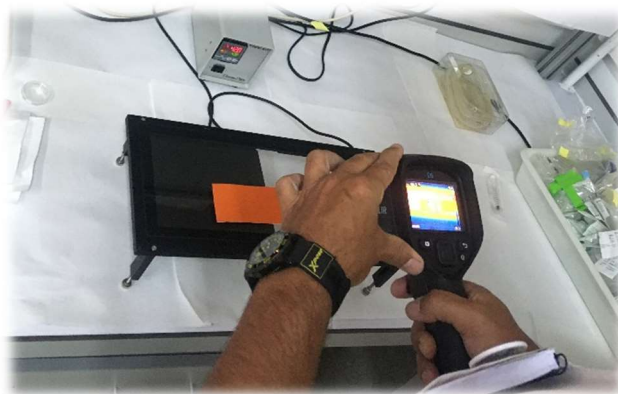


FIGURA 42. MEDICIÓN DE TEMPERATURA SOBRE PLACA TERMOSTATIZADA.

Comprobación de la tasa de presión del algómetro digital

Uno de los factores descritos como determinantes para lograr fiabilidad en las mediciones con algómetro, es la velocidad a la que se aplica la presión sobre el animal (tasa de presión). El fabricante del algómetro utilizado en este estudio, establece que cuando las luces que indican exceso o defecto de presión están apagadas, la tasa es de 2 Newton/ segundo.

La luz verde se enciende cuando la tasa es inferior a 2N/s indicando “press more” (presione más); la luz roja se enciende cuando la tasa es superior a 2N/s indicando “back off” (retire). De esta manera, evitando que las luces se enciendan, es posible aplicar una presión constante con una tasa conocida, estandarizando el proceso y evitando alteraciones en los valores que sean dependientes del operador y de una toma incorrecta de las mediciones.

Para comprobar que el apagado de las luces corresponde con la tasa de 2N/s, realizamos un sencillo experimento evaluando el tiempo que tarda el algómetro en alcanzar los 20N, ejerciendo una presión constante y sin que ninguna luz se encienda.

En este experimento, que fue repetido 3 veces, comprobamos que son necesarios 10 segundos (+/- 1 segundo) para alcanzar una presión de 20N, cuando aplicamos la fuerza sobre una superficie regular, con la misma punta utilizada en el estudio, y evitando el encendido de las luces que indican que la tasa de presión es demasiado alta o demasiado baja. Esta medición de 10 segundos +/- 1 segundo para alcanzar los 20N, indica una tasa de presión de 2N/segundos, lo que confirma la información proporcionada por el fabricante.

Fue necesario realizar varias mediciones previamente para que el operador pudiera familiarizarse con la presión requerida para mantener los 2N/seg y evitar el encendido de las luces.

Como ya se ha explicado en la revisión bibliográfica, estudios realizados con caballos describen tasas de aplicación de presión muy diferentes (en base al tipo de algómetro, punta utilizada y número de mediciones realizadas), pero en lo que coinciden los autores es en la importancia de mantener una tasa de aplicación constante en todas las evaluaciones con algómetro. Emplear un equipo que permita controlar la tasa de aplicación de presión en todo momento, permite minimizar variaciones en los resultados.

Experimento para determinar la influencia de la presencia del vendaje en las mediciones realizadas con algómetro de presión

Dado que algunas mediciones realizadas con algómetro de presión se llevan a cabo sobre el vendaje neuro-muscular (las tomadas en M1), que puede actuar minimizando la presión ejercida por la punta del equipo y así alterar los valores obtenidos, decidimos realizar una prueba para determinar la diferencia entre medir con un vendaje sobre la piel y sin él.

Seleccionamos 6 caballos de deporte, sin historia reciente de dolor de dorso y que se montaran con regularidad (al menos 3 veces por semana). Localizamos y marcamos tres apófisis espinosas (T12-T18-L4) sobre las cuales se coloca un VNM de 30cm de longitud (dos anclajes de 10 cm y una porción central activa de 10 cm), con un estiramiento del 50% (la parte activa de 10 cm se estira hasta alcanzar los 15 cm).

Transcurridos 60 minutos (M1) se procede a determinar los valores de umbral nociceptivo mecánico sobre cada una de las tres apófisis espinosas (utilizando el mismo algómetro y procedimiento que se siguió en el estudio y que se explica más adelante). Se procede a retirar el vendaje y 15 minutos después, ya sin la venda colocada, se repite la medición de umbrales nociceptivos mecánicos (M2) (**figura 43**).

Se compararon estadísticamente los resultados obtenidos en M1 (vendaje aún pegado) con los obtenidos en M2 (ya sin vendaje). Obtuvimos variaciones muy pequeñas entre unos valores y otros, y con escasa relevancia estadística, por lo que podemos confirmar que la presencia de vendaje no interfiere marcadamente en las mediciones realizadas con algómetro de presión.

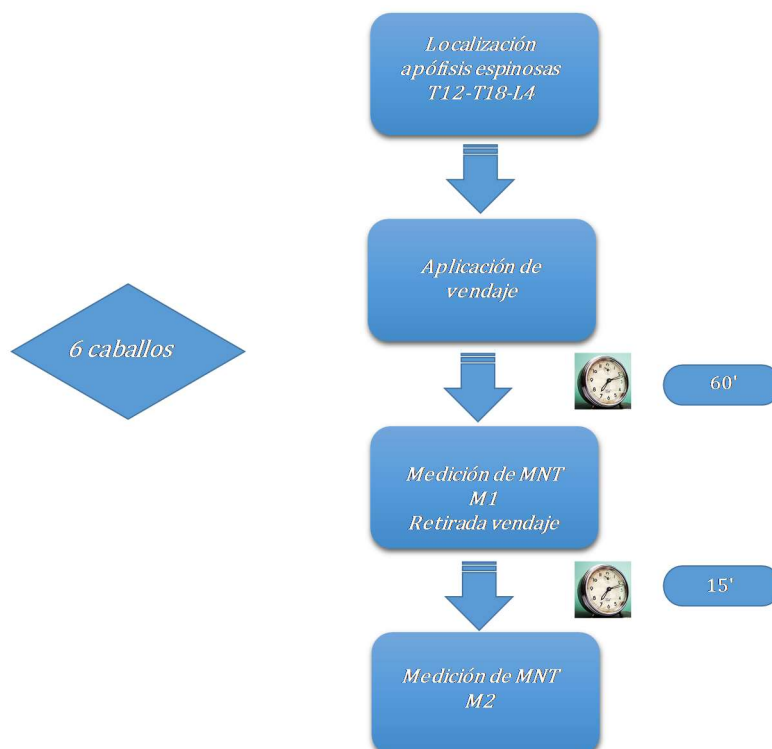


FIGURA 43. DIAGRAMA DEL EXPERIMENTO LLEVADO A CABO PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DEL VENDAJE SOBRE LAS MEDICIONES CPN ALGÓMETRO.

Otros experimentos

Se realiza un entrenamiento previo en el uso del algómetro por parte del investigador encargado de tomar las mediciones, con varios objetivos:

- ★ Desarrollar la habilidad suficiente para tomar las mediciones de manera fiable (tasa de presión correcta, identificación de las señales de dolor en el caballo para finalizar la medición, colocación correcta del algómetro).
- ★ Determinar cuál es la punta más adecuada para realizar una medición precisa y dentro de los límites de fiabilidad del equipo. Tras estas pruebas decidimos utilizar la punta metálica circular de 2mm de diámetro (área 3.14 mm²), ya que con puntas de mayor diámetro (4mm) obteníamos valores por encima de 25N (límite de fiabilidad del equipo marcado por el fabricante) en la mayoría de mediciones sobre apófisis espinosas en caballos.
- ★ Testar los caballos seleccionados para el estudio con el algómetro de presión para determinar si presentaban una buena tolerancia al mismo. En base a esta prueba, algunos caballos no fueron seleccionados ya que mostraban signos severos de incomodidad a la presión con algómetro sobre las apófisis espinosas.
- ★ Realizar pruebas con la cámara de termografía para permitir la familiarización del investigador con el uso de la misma.

II. MÉTODOS DE MEDICIÓN

Se detallan a continuación los detalles que se han tenido en consideración a la hora de tomar mediciones con la cámara termográfica y con el algómetro de presión.

Método de medición con cámara termográfica

- Todas las mediciones son tomadas por el mismo operador.
- Los caballos son cepillados previo al inicio de la prueba, pero siempre se espera al menos 60 minutos antes de tomar ninguna medición con la cámara termográfica.
- Las mediciones se realizan en el propio box de cada caballo, para evitar corrientes de aire que alteren las mediciones termográficas, y porque es un lugar al que están habituados, para evitar una respuesta de miedo que condicione las mediciones.
- Se monitoriza la temperatura ambiente y humedad relativa durante todo el estudio, utilizando una estación meteorológica, recogiendo estos datos cada vez que se toman mediciones termográficas sobre los animales.
- Las mediciones se toman en vista caudal, elevándose el operador sobre un bloque de unos 50cm y colocando la termocámara a 1 metro aproximadamente de la superficie dorsal del caballo.

- Se toman 3 imágenes en cada momento que posteriormente son procesadas con el software “FLIR TOOLS 5.6” para determinar la temperatura media del área sobre la apófisis espinosa **(figura 44)**.



FIGURA 44. TOMA DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS.

Método de medición con algómetro de presión

- Todas las mediciones son tomadas por el mismo operador.
- Las mediciones se realizan en Newtons (N).
- Las mediciones se realizan con la punta metálica de 2mm de diámetro, con una tasa de presión de 2N/ segundo, y de manera perpendicular a la superficie del caballo (el operador utiliza un bloque para elevar su altura cuando es necesario para mantener la perpendicularidad).
- Los puntos de medición se encuentran marcados sobre el pelo del caballo y sobre el vendaje; se utiliza un rotulador para este fin **(figura 45)**.
- Realizamos 3 mediciones en cada punto, con un intervalo de 30 segundos entre una medición y otra.
- En las mediciones se aplica una tasa constante de presión hasta que el caballo muestra signos de dolor /incomodidad, momento en el cual se ha alcanzado el umbral doloroso y el algómetro es retirado de la piel. Se anota la medición realizada que permanece constante en la pantalla digital del algómetro.
- Los signos que consideramos indicativos de haber alcanzado el umbral doloroso, y que por tanto marcan el momento de retirar la presión sobre el caballo, son:

- Extensión de dorso (reflejo de lordosis inducida)
- Fasciculación de la piel / contracción de la musculatura paravertebral, a menudo asociado al reflejo de extensión.
- El caballo se aleja del operador.
- El caballo gira la cabeza hacia la zona estimulada.
- El caballo patea, levanta los miembros, agita la cola con violencia.

- El orden de medición sobre cada apófisis espinosa se determina de manera aleatoria mediante un programa informático ("*Randomizer*"), para cada caballo y en cada momento de medición.

- Este mismo programa se utiliza para determinar el orden de aplicación de las dos pruebas (vendaje con y sin tensión) a cada caballo.

- En cada medición el operador realiza una adaptación del contacto de la punta sobre la piel, de unos segundos, para después iniciar la presión; de esta manera se evita una posible respuesta del caballo asociada a la sensación de contacto de la punta metálica.



FIGURA 45. VISTA DORSAL DE LOS MARCADORES DIBUJADOS PARA GUIAR LA TOMA DE MEDICIONES Y LA COLOCACIÓN DEL VNM.

III. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

El diseño experimental de este estudio comprende la evaluación de los efectos de la aplicación de VNM sobre tres apófisis espinosas torácicas y dos apófisis espinosas lumbares. Las apófisis espinosas elegidas son: **T12, T15, T18, L2 y L4**.

El estudio consta de una anamnesis, exploración clínica del dorso y dos pruebas similares, una en la que se aplica el VNM sin estiramiento (test 0% o T0%), que actúa como control, y otra en la que se aplica el VNM con un estiramiento del 50 por ciento respecto de su **longitud original** (test 50% o T50%), según nuestra hipótesis, produciendo efectos terapéuticos. Tras estas pruebas el estudio concluye con una evaluación clínica del dorso final (cuaderno de recogida de datos en **ANEXO B**).

Se realizan mediciones de umbral nociceptivo mecánico (algometría) e imagen termográfica en distintos momentos una vez colocado el VNM (con y sin estiramiento).

Todos los caballos del estudio participan en ambas pruebas, que se realizan de manera consecutiva con 24 horas de aclaramiento entre una y otra. Cada caballo actúa como su propio control. El orden de realización de las pruebas es aleatorio para cada caballo. Ambas pruebas se llevan a cabo en horario de mañana.

Todas las mediciones realizadas son de carácter no invasivo.

Cronograma del estudio

Dividimos el estudio en varios momentos, organizados de la siguiente manera (**figura 46**):

- **Evaluación clínica inicial:** anamnesis, exploración clínica del dorso, localización de apófisis espinosas y colocación de marcadores.
- **Momento 0 (M0):** evaluación con algómetro y cámara termográfica antes de colocar el VNM. Colocación del VNM (con o sin estiramiento según la prueba que se esté realizando).
- **Momento 1 (M1):** evaluación con algómetro y cámara termográfica a los 60 minutos de colocar el VNM.
- **Momento 2 (M2):** evaluación con cámara termográfica a las 24 horas de colocar el VNM. Retirada del VNM y evaluación del estado de la piel.
- **Momento 3 (M3):** evaluación con algómetro y cámara termográfica a los 15 minutos de retirar el vendaje (24 horas post colocación del vendaje + 15 minutos tras retirarlo).
- **Evaluación clínica final:** evaluación clínica del dorso tras la prueba.

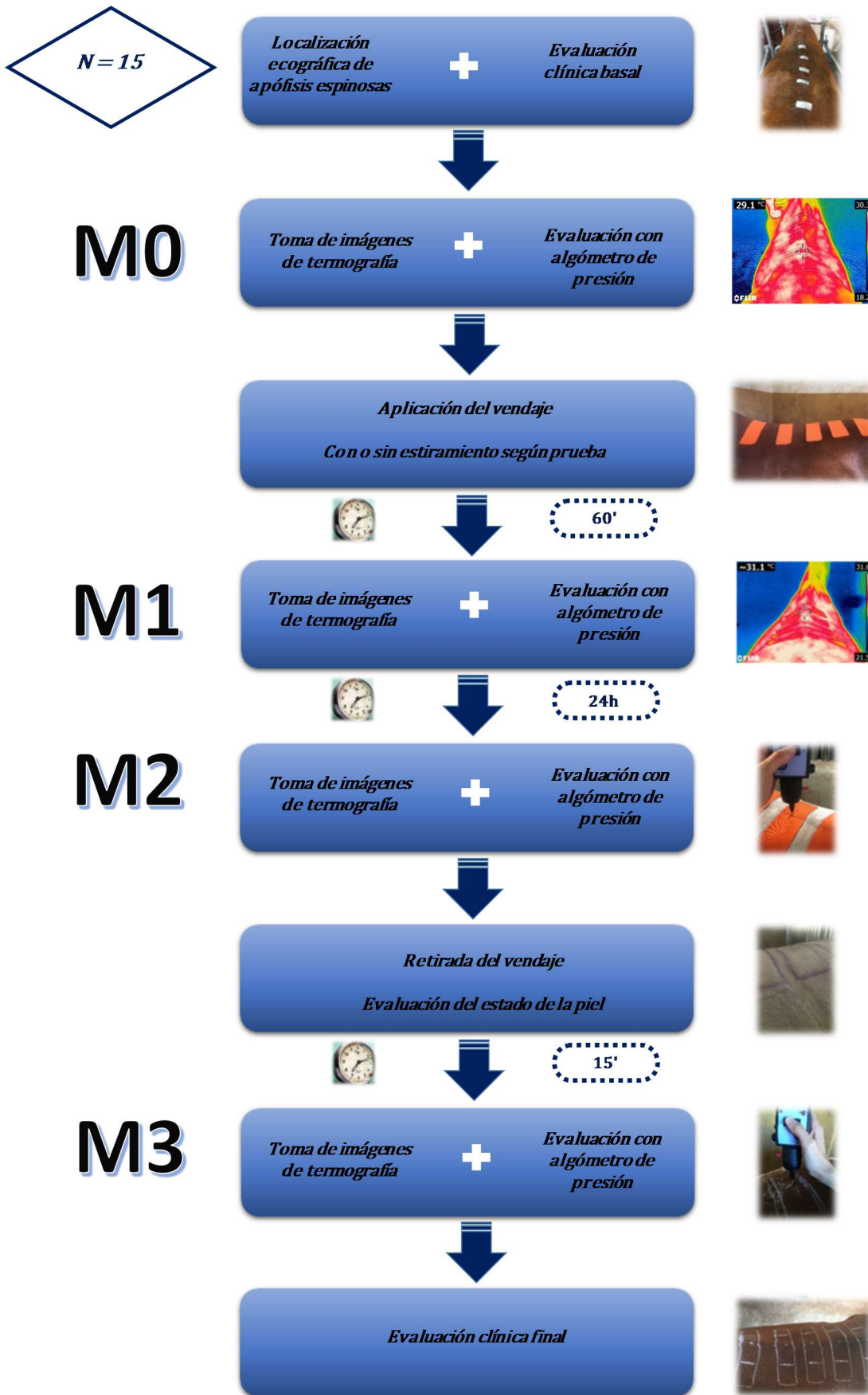


FIGURA 46. DIAGRAMA QUE MUESTRA LAS FASES DEL ESTUDIO.

Anamnesis y evaluación clínica inicial

Antes de dar comienzo al estudio se realiza una entrevista con el propietario / jinete de cada caballo con el fin de realizar una anamnesis del mismo, que recoja la siguiente información:

- datos generales: nombre, edad, sexo, raza, aptitud deportiva, tipo de estabulación.
- historia clínica: antecedentes de patología de dorso, tratamientos previos.
- plan de entrenamiento: frecuencia semanal de trabajo montado y pie a tierra.

En este punto, el propietario consiente la inclusión de su caballo en el estudio mediante la firma del consentimiento informado.

Así mismo se realiza una evaluación clínica inicial del segmento toraco-lumbar de todos los caballos, mediante la observación y palpación por un mismo operador, determinándose los siguientes parámetros:

- a. **Curvatura de la columna:** observación en vista lateral y dorsal, con el caballo parado cuadrado sobre una superficie regular, para determinar si su columna presenta alguna curvatura: lordosis (curvatura dorsalmente cóncava), cifosis (curvatura dorsalmente convexa) o escoliosis (curvatura desviada lateralmente).
- b. **Desarrollo muscular de la región paravertebral toraco-lumbar:** evaluación de posible presencia de atrofiaciones musculares, uni o bilateralmente.
- c. **Desarrollo muscular de la región abdominal:** clasificando en abdomen normotónico, hipotónico o hipertónico.
- d. **Presencia de marcas sobre la columna:** rozaduras, heridas, fibrosis, pelos blancos etc, como consecuencia de roces generados por monturas o mantas mal ajustadas.
- e. **Sensibilidad sobre apófisis espinosas:** palpación generando presión con el dedo índice sobre cada una de las apófisis espinosas problema (T12, T15, T18, L2, L4). Los caballos que presentan dolor responden con una extensión del dorso (hundimiento).

La respuesta se gradúa siguiendo la siguiente escala que ha sido adaptada de (De Heus et al. 2010):

0 = indoloro, no hay reacción a la palpación

1 = dolor leve, espasmo leve en la musculatura sin movimiento asociado.

2 = dolor moderado, espasmo muscular local con movimiento de lordosis asociado en grado moderado. Es posible que el caballo levante la cabeza, manotee o mueva la cola.

3 = dolor severo, fasciculación con espasmo evidente y marcada lordosis, el caballo puede intentar morder, patear, moverse violentamente, asustarse y alejarse de la mano del operador para evitar el test.

- f. **Evaluación del tono muscular** a nivel paravertebral torácico y lumbar. Palpación de los cuatro cuadrantes (torácico derecho e izquierdo, lumbar derecho e izquierdo).

0 = normotónico

1 = hipotónico (tono anormalmente disminuido)

2 = hipertónico (tono anormalmente aumentado)

- g. **Sensibilidad sobre la musculatura paravertebral:** palpación de la musculatura paravertebral para evaluar el grado de sensibilidad y graduarlo en base a la misma escala empleada para la sensibilidad sobre apófisis espinosas.
- h. **Movilización de la columna toraco-lumbar:** se realiza una movilización activa mediante reflejos (estimulando con un palillo de metal hueco con punta roma) en flexión torácica, extensión torácica, flexión lumbo-sacra y extensión lumbo-sacra, con el objetivo de valorar la movilidad de la columna de los caballos participantes. Se gradúa la movilidad de cada segmento en base a la escala extraída de (De Heus et al. 2010):

Grado 0: hipermovilidad (aumento del rango de movimiento, marcadamente reactivo a la movilización/reflejos).

Grado 1: normal (rango de movimiento normal, caballo elástico que no muestra molestia a la movilización).

Grado 2: leve rigidez (cierta disminución de la movilidad y resistencia leve a ser movilizadado).

Grado 3: rigidez moderada (disminución del rango de movimiento significativa, resistencia a ser movilizadado).

Grado 4: rigidez severa (caballo rígido, rango de movimiento nulo o muy escaso, sin respuesta a la movilización o molestia severa, hiporeactivo a los reflejos).

- i. **Medición de la longitud media del pelo:** se toma una muestra de pelo de la región del dorso del caballo empleando un trozo de cinta adhesiva (cinta americana) y se procede a la medición de la longitud del pelo.
- j. **Localización ecoguiada de apófisis espinosas y colocación de marcadores:** se realiza un lavado en profundidad de la piel del caballo en la zona toraco-lumbar con jabón de clorhexidina al 0.8 %; así mismo se aplica alcohol sobre la columna para desengrasar la piel, favorecer la adhesión de la cinta de vendaje una vez seco, y facilitar la transducción de la señal del ecógrafo.

Se procede a localizar las apófisis espinosas de manera ecoguiada (T12-T15-T18-L2-L4), a partir de la identificación de la costilla 18 y espacio lumbosacro. Se colocan marcadores sobre las apófisis problema, mediante el uso de rotuladores, que indican el punto central de la apófisis espinosa (punto de medición con algómetro) y el contorno que debe seguir el vendaje cuando sea colocado.

TEST 0%: aplicación de vendaje neuromuscular sin estiramiento (T0%)

La prueba de aplicación de VNM sin estiramiento se desarrolla en base a los siguientes tiempos de medición.

a. Momento 0 (M0): medición basal

- Medición basal con cámara termográfica y algómetro de presión. Medimos en primer lugar con la cámara para evitar cualquier tipo de artefacto secundario a la palpación del dorso.
- Aplicación de vendaje neuro-muscular sin estiramiento. Se colocan 5 tiras de vendaje neuromuscular, una en cada apófisis espinosa problema. Las tiras tienen una longitud de 30 cm, de las cuales 10 cm por cada lado son considerados anclajes y los 10cm centrales son los que aplican efecto sobre la apófisis. Se marca el centro de la tira para localizar el punto de medición sobre el que colocar el algómetro. Las tiras son colocadas siguiendo las marcas realizadas sobre el pelo del caballo en el momento de la localización de las apófisis espinosas problema (**figura 47**).

b. Momento 1 (M1): 60 minutos tras colocar el vendaje

- Medición con cámara termográfica
- Medición con algómetro de presión

Entre las mediciones de M1 y M2 los caballos permanecen estabulados en su box y son caminados de la mano 15-20 minutos /día.

c. Momento 2 (M2): 24 horas tras colocar el vendaje

- Evaluación del estado del vendaje tras 24 horas colocado. Evaluamos en cada localización si el vendaje está presente o ausente, el estado de la tira y el de sus anclajes. No se toca el vendaje en ningún momento para evitar interferir con la prueba de termografía.
- Medición con cámara termográfica.
- Retiramos el vendaje sin tocar la piel del caballo, en dirección favorable al pelo, levantando desde los anclajes.
- Evaluamos si existe alguna alteración en el estado del pelo o de la piel.

En este punto no realizamos una nueva medición con algómetro para no interferir con la siguiente medición termográfica que debe realizarse a los 15 minutos; la medición de umbrales nociceptivos la realizamos una vez concluida la siguiente medición con cámara termográfica.

d. Momento 3 (M3): 15 minutos tras retirar el vendaje

- Medición con cámara termográfica.
- Medición con algómetro de presión.



FIGURA 47. COLOCACIÓN DEL VENDAJE.

TEST 50%: aplicación de vendaje neuromuscular con estiramiento (T50%)

La segunda prueba de la que consta el estudio consiste en repetir el esquema ya descrito pero en este caso aplicando estiramiento al vendaje, es decir, buscando efecto terapéutico según nuestra hipótesis.

En cuanto a la colocación del vendaje, se utilizan nuevamente 5 tiras (una para cada apófisis espinosa) de 30 cm de longitud cada una, y se marca sobre el papel protector una línea a 10 cm de cada extremo para indicar la zona que será considerada anclaje y que por lo tanto quedará pegada sin estiramiento (0%). La zona central de 10 cm será estirada hasta alcanzar el 50% de su **longitud inicial**, es decir 15cm.

El porcentaje de estiramiento preciso es 55% si tenemos en cuenta que la venda presenta un pre-estiramiento al ser adherida en fábrica al papel protector de un 3% (como comprobamos en uno de los experimentos descritos). Así según la fórmula propuesta por (Golab et al. 2017), el porcentaje de estiramiento aplicado, relativo a la longitud basal de la tira, es:

$$[\text{longitud alcanzada} - \text{longitud basal}] / [\text{longitud basal}] \times 100\%$$

$$[15\text{cm} - 9,7 \text{ cm}] / [9,7 \text{ cm}] = 0.55 \times 100\% = 55\%$$

Para realizar un estiramiento preciso al 50%, se realizan sobre el caballo, con un rotulador, dos marcas a 7,5 cm del centro de cada apófisis espinosa problema, de tal forma que al estirar el vendaje el operador, guiado por las marcas, aplicará un estiramiento del 50%. Los anclajes (extremos) se pegarán sin ser estirados. Para una correcta aplicación, el papel protector de la zona activa (10cm centrales) será retirado y el vendaje se manejará tocando únicamente los extremos (anclajes) que se mantienen con el papel hasta el momento de su pegado.

Se aplica el mismo protocolo ya descrito para la prueba T0%:

a. Momento 0 (M0): medición basal

- Medición basal con cámara termográfica y algómetro de presión.
- Aplicación de vendaje neuro-muscular con estiramiento 50% y estimulando el abdomen del caballo para lograr cierta respuesta de flexión toraco-lumbar.

b. Momento 1 (M1): 60 minutos tras colocar el vendaje

- Medición con cámara termográfica.
- Medición con algómetro de presión (**figura 48**).

Entre las mediciones de M1 y M2 los caballos permanecen estabulados en su box y son caminados de la mano 15-20 minutos /día.

c. Momento 2 (M2): 24 horas tras colocar el vendaje

- Evaluación del estado del vendaje tras 24 horas colocado.
- Medición con cámara termográfica (**figura 49**).

- Retiramos el vendaje sin tocar la piel del caballo, en dirección favorable al pelo, levantando desde los anclajes.
- Evaluamos si existe alguna alteración en el estado del pelo o de la piel.

d. Momento 3 (M3): 15 minutos tras retirar el vendaje

- Medición con cámara termográfica.
- Medición con algómetro de presión.



FIGURA 48. MEDICIÓN CON ALGÓMETRO DE PRESIÓN 60 MINUTOS TRAS LA APLICACIÓN DEL VENDAJE.

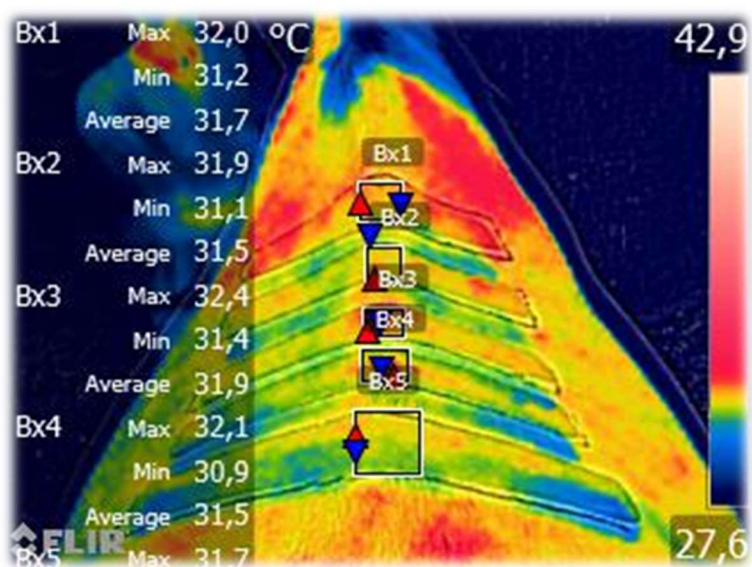


FIGURA 49. TERMOGRAMA TOMADO TRAS 24 HORAS DE APLICADO EL VENDAJE.

Evaluación clínica final

Tras la finalización de la prueba procedemos a repetir la evaluación clínica del dorso ya descrita en el primer apartado, para valorar las posibles diferencias entre una y otra.

Así mismo, realizamos una valoración de la tolerancia observada al algómetro de los caballos, en base a la siguiente escala adaptada de (Hausler, Behre and Hill 2008):

- 1: el caballo se queda completamente quieto y tolera todas las mediciones realizadas con el algómetro.
- 2: el caballo se mueve en algunas mediciones (menos de la mitad).
- 3: el caballo se mueve en la mitad de las mediciones.
- 4: el caballo se mueve en más de la mitad de las mediciones.
- 5: el caballo no permanece quieto y no tolera las mediciones con el algómetro.

IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para evaluar la repetibilidad de los valores obtenidos con el algómetro digital en las tres mediciones realizadas en cada punto, se calcula el índice de correlación intraclase (ICC), empleando un modelo mixto con efectos aleatorios para medidas promedio y acuerdo absoluto (ICC (3,k) según terminología de Shrout & Fleiss). Los fenómenos de adaptación o sensibilización al algómetro fueron evaluados con un análisis de la varianza (ANOVA).

Las diferencias entre los distintos momentos de medición de umbrales nociceptivos y de temperatura local, fueron evaluadas con un test T de Student pareado o un test de rangos signados de Wilcoxon según indicara en cada caso la normalidad de los datos (evaluada con la prueba de Kolmogorov-Smirnov).

Al comparar momentos, los p-valores fueron ajustados en cada caso aplicando la Corrección de Bonferroni.

Las variables ordinales fueron evaluadas porcentualmente.

Valores de $p < 0.05$ fueron considerados estadísticamente significativos.

El software utilizado para el análisis estadístico fue SPSS v25 y SAS v9.4.

6. RESULTADOS

A. HALLAZGOS CLÍNICOS

La evaluación mediante observación de las características del dorso de los caballos incluidos en el estudio evidenció alteraciones en la curvatura de la columna en 8 de los 15 animales (4 presentaban cifosis lumbar y 4 lordosis torácica, en mayor o menor grado).

En cuanto al desarrollo muscular sólo 4 caballos (27%) no presentaban anormalidades, el resto presentaban atrofia muscular, en distinto grado, a nivel torácico. Así mismo 9 de los 15 caballos (60%) evidenciaban hipotonía en la musculatura abdominal. El 20 % de los caballos (n=3) tenían marcas en la región de la cruz derivadas de heridas y roces producidas por el equipo (monturas, mantas etc.) **(figura 50)**.

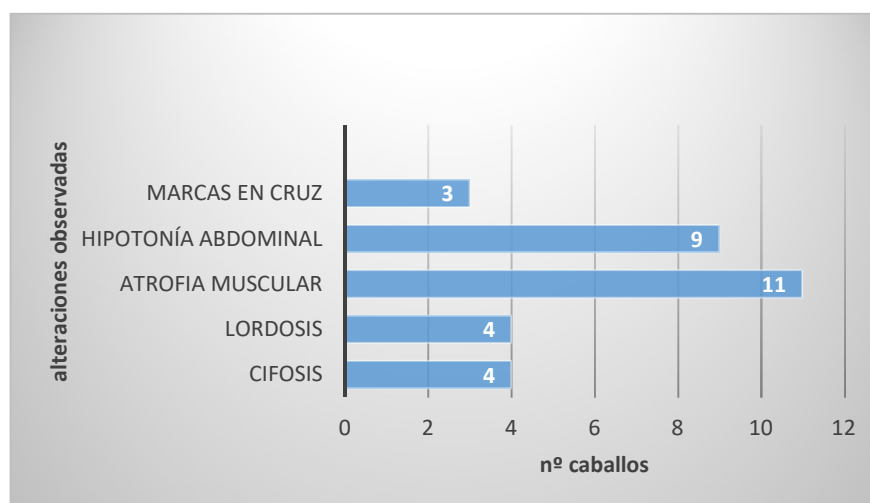


FIGURA 50. ALTERACIONES OBSERVADAS EN LA REGIÓN TORACO-LUMBAR Y ABDOMINAL.

La evaluación clínica mediante presión digital constó de un total de 75 determinaciones (5 espinosas de cada uno de los 15 caballos del estudio). En la evaluación previa a la prueba sin estiramiento (T0%), el 78% de las determinaciones no evidenciaron dolor; del 22% restante, sólo en una de ellas el dolor fue moderado, siendo en el resto de grado leve. En la evaluación clínica realizada tras la retirada del vendaje (M3), sólo se detectó dolor leve en una determinación, el resto fueron indoloras (98,6%) **(tabla 5)**. En la evaluación previa de la prueba con estiramiento (T50%), el 80% de las evaluaciones no mostraban dolor; tras retirar el vendaje (M3) el 96% de las determinaciones resultan indoloras **(tabla 6)**.

	PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T0%)							
	EVALUACIÓN SENSIBILIDAD CLÍNICA BASAL M0				EVALUACIÓN SENSIBILIDAD CLÍNICA FINAL M3			
	indoloro	leve	moderado	severo	indoloro	leve	moderado	severo
T12	9 (60)	5 (33)	1 (7)	0	14 (93)	1 (7)	0	0
T15	10 (67)	5 (33)	0	0	15 (100)	0	0	0
T18	12 (80)	3 (20)	0	0	15 (100)	0	0	0
L2	14 (93)	1 (7)	0	0	15 (100)	0	0	0
L4	14 (93)	1 (7)	0	0	15 (100)	0	0	0

TABLA 5. RESULTADOS DE LA PALPACIÓN CLÍNICA DE LAS APÓFISIS ESPINOSAS ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

	PRUEBA CON ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T50%)							
	EVALUACIÓN SENSIBILIDAD CLÍNICA BASAL M0				EVALUACIÓN SENSIBILIDAD CLÍNICA FINAL M3			
	indoloro	leve	moderado	severo	indoloro	leve	moderado	severo
T12	9 (60)	6 (40)	0	0	14 (93)	1 (7)	0	0
T15	10 (67)	5 (33)	0	0	14 (93)	1 (7)	0	0
T18	12 (80)	2 (13)	1 (7)	0	14 (93)	1 (7)	0	0
L2	14 (93)	1 (7)	0	0	15 (100)	0	0	0
L4	15 (100)	0	0	0	15 (100)	0	0	0

TABLA 6. RESULTADOS DE LA PALPACIÓN CLÍNICA DE LAS APÓFISIS ESPINOSAS ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

La evaluación del tono de la musculatura paravertebral, torácica y lumbar, no mostró marcadas variaciones tras la colocación del vendaje; algunos caballos normalizaron su tono muscular pasando de un tono bajo o alto a un tono normal, pero en general las variaciones fueron poco marcadas en ambas pruebas (**tabla 7 y tabla 8**).

	PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T0%)					
	EVALUACIÓN TONO MUSCULAR BASAL M0			EVALUACIÓN TONO MUSCULAR FINAL M3		
	NORMOTÓNICO	HIPOTÓNICO	HIPERTÓNICO	NORMOTÓNICO	HIPOTÓNICO	HIPERTÓNICO
TORÁCICO DERECHO	12 (80)	3 (20)	0	13 (87)	2 (13)	0
TORÁCICO IZQUIERDO	12 (80)	3 (20)	0	13 (87)	2 (13)	0
LUMBAR DERECHO	11 (73)	3 (20)	1 (7)	13 (87)	2 (13)	0
LUMBAR IZQUIERDO	11 (73)	3 (20)	1 (7)	13 (87)	2 (13)	0

TABLA 7. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA DEL TONO MUSCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

	PRUEBA CON ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T50%)					
	EVALUACIÓN TONO MUSCULAR BASAL M0			EVALUACIÓN TONO MUSCULAR FINAL M3		
	NORMOTÓNICO	HIPOTÓNICO	HIPERTÓNICO	NORMOTÓNICO	HIPOTÓNICO	HIPERTÓNICO
TORÁCICO DERECHO	13 (87)	2 (13)	0	12 (80)	3 (20)	0
TORÁCICO IZQUIERDO	13 (87)	2 (13)	0	12 (80)	3 (20)	0
LUMBAR DERECHO	12 (80)	3 (20)	0	12 (80)	3 (20)	0
LUMBAR IZQUIERDO	11 (73)	3 (20)	1 (7)	11 (73)	3 (20)	1 (7)

TABLA 8. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA DEL TONO MUSCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

En cuanto a la sensibilidad presentada a la palpación de la musculatura paravertebral, ninguna medición realizada durante el estudio tuvo como resultado la presencia de dolor moderado o severo. La prueba sin estiramiento del vendaje produce cierta mejoría en algunos de los caballos que presentaban dolor leve, tras la retirada del vendaje. De las 60 determinaciones totales (4 en cada caballo) que se hicieron en la prueba sin estiramiento al inicio de la misma, 23 mostraron dolor leve (38%); tras retirar el vendaje, aun evidenciaban dolor leve 12 de ellas (20%) (tabla 9).

En la prueba con estiramiento del vendaje, previo al inicio de la misma, se detectó dolor leve en la musculatura paravertebral en 14 determinaciones (23%) y tras la retirada del mismo ningún caballo mostró dolor a la palpación muscular (0%) (tabla 10).

	PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T0%)					
	SENSIBILIDAD MUSCULAR BASAL M0			SENSIBILIDAD MUSCULAR FINAL M3		
	indoloro	leve	moderado	indoloro	leve	moderado
TORÁCICO DERECHO	9 (60)	6 (40)	0	12 (80)	3 (20)	0
TORÁCICO IZQUIERDO	11 (73)	4 (27)	0	13 (87)	2 (13)	0
LUMBAR DERECHO	8 (53)	7 (47)	0	11 (73)	4 (27)	0
LUMBAR IZQUIERDO	9 (60)	6 (40)	0	12 (80)	3 (20)	0

TABLA 9. RESULTADOS DE LA PALPACIÓN CLÍNICA DE LA SENSIBILIDAD MUSCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

	PRUEBA CON ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T50%)					
	SENSIBILIDAD MUSCULAR BASAL M0			SENSIBILIDAD MUSCULAR FINAL M3		
	indoloro	leve	moderado	indoloro	leve	moderado
TORÁCICO DERECHO	13 (87)	2 (13)	0	15 (100)	0	0
TORÁCICO IZQUIERDO	13 (87)	2 (13)	0	15 (100)	0	0
LUMBAR DERECHO	10 (67)	5 (33)	0	15 (100)	0	0
LUMBAR IZQUIERDO	10 (67)	5 (33)	0	15 (100)	0	0

TABLA 10. RESULTADOS DE LA PALPACIÓN CLÍNICA DE LA SENSIBILIDAD MUSCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

Respecto a la evaluación de la movilidad de la columna mediante reflejos, en ninguna de las dos pruebas se producen modificaciones significativas entre la evaluación antes de colocar el vendaje y tras la retirada del mismo (**tabla 11 y 12**).

	PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T0%)									
	EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL DORSO BASAL M0					EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL DORSO FINAL M3				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
FLEXIÓN TORÁCICA	1 (7)	10 (66)	3 (20)	0	1 (7)	1 (7)	10 (66)	3 (20)	0	1 (7)
EXTENSIÓN TORÁCICA	1 (7)	12 (80)	2 (13)	0	0	1 (7)	12 (80)	2 (13)	0	0
FLEXIÓN LUMBO-SACRA	3 (20)	10 (67)	2 (13)	0	0	3 (20)	10 (67)	2 (13)	0	0
EXTENSIÓN LUMBO-SACRA	1 (7)	8 (53)	6 (40)	0	0	1 (7)	9 (60)	5 (33)	0	0

TABLA 11: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL DORSO EN BASE A LA ESCALA DE DE HEUS ET AL., 2010, ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%).

0: hipermovilidad; 1: movilidad normal; 2: rigidez leve; 3: rigidez moderada; 4: rigidez severa. NÚMERO DE CABALLOS (%).

	PRUEBA CON ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T50%)									
	EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL DORSO BASAL M0					EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL DORSO FINAL M3				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
FLEXIÓN TORÁCICA	0	13 (86)	1 (7)	0	1 (7)	2 (13)	10 (67)	2 (13)	0	1 (7)
EXTENSIÓN TORÁCICA	1 (7)	14 (93)	0	0	0	0	15 (100)	0	0	0
FLEXIÓN LUMBO-SACRA	2 (13)	13 (87)	0	0	0	2 (13)	13 (87)	0	0	0
EXTENSIÓN LUMBO-SACRA	1 (7)	12 (80)	2 (13)	0	0	1 (7)	12 (80)	2 (13)	0	0

TABLA 12: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL DORSO EN BASE A LA ESCALA DE DE HEUS ET AL., 2010, ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

0: hipermovilidad; 1: movilidad normal; 2: rigidez leve; 3: rigidez moderada; 4: rigidez severa. NÚMERO DE CABALLOS (%).

B. DETERMINACIÓN DE UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS MEDIANTE ALGÓMETRO DE PRESIÓN

I. REPETIBILIDAD DE LA PRUEBA DE ALGOMETRÍA DE PRESIÓN

Para determinar el grado de concordancia entre las distintas mediciones tomadas con el algómetro en cada punto, es decir la repetibilidad de dichas mediciones, se calcula el índice de correlación intraclase (ICC).

En todas las mediciones realizadas en la prueba sin estiramiento del vendaje (T0%) el ICC se sitúa por encima de 0.9, y en el caso de la prueba con estiramiento (T50%) los valores de ICC son algo menores pero en ningún caso inferiores a 0.82, por lo que nuestros valores de ICC indican una buena repetibilidad de las mediciones tomadas con algómetro **(tablas 13 y 14)**.

Así mismo se determina otra variable, el mínimo cambio detectable (MDC) que indica la cantidad de variación que requiere la variable de presión ejercida por el algómetro, para considerarse no atribuible al azar. Sus valores oscilan entre 2.33 y 3.79, lo que nos indica que con seguridad variaciones por encima de 4 son significativas y no consideradas azarosas **(tablas 13 y 14)**.

II. ACOMODACIÓN / SENSIBILIZACIÓN

Tras realizar el test ANOVA para evaluar las distintas determinaciones medidas con el algómetro en cada punto y en cada momento, no se observa una tendencia estadísticamente significativa al aumento o la disminución de estos valores sucesivos. El valor p es en todos los casos bastante superior a 0.05; sólo se detecta un p valor < 0.05 en la medición M0, en la apófisis torácica 12, en la prueba de vendaje con estiramiento 50%. El resto de p valores no muestran una tendencia estadísticamente significativa hacia la acomodación o bien hacia la sensibilización en mediciones sucesivas sobre una misma apófisis espinosa **(tablas 13 y 14)**.

PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T0%)									
	M0			M1			M3		
	ICC	MDC	SIG	ICC	MDC	SIG	ICC	MDC	SIG
T12	0,96	2,68	0,64	0,94	3,32	0,22	0,97	2,45	0,45
T15	0,96	2,33	0,40	0,92	3,59	0,77	0,96	2,58	0,17
T18	0,91	2,68	0,09	0,94	2,72	0,70	0,95	2,19	0,62
L2	0,94	2,93	0,89	0,92	3,53	0,31	0,95	3,21	0,74
L4	0,93	3,79	0,75	0,94	3,02	0,59	0,98	2,50	0,79

TABLA 13. ÍNDICES CALCULADOS PARA VALORAR LA REPETIBILIDAD (ICC: índice de correlación intraclase), LA VARIACIÓN MÍNIMA SIGNIFICATIVA (MDC: minimal detectable change) Y LA ACOMODACIÓN / SENSIBILIZACIÓN (Si: p valor del ANOVA) DE LAS VALORACIONES CON ALGOMETRO EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%).

PRUEBA CON ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE (T50%)									
	M0			M1			M3		
	ICC	MDC	SIG	ICC	MDC	SIG	ICC	MDC	SIG
T12	0,85	3,10	0,04	0,82	3,55	0,72	0,92	2,88	0,15
T15	0,94	2,39	0,31	0,91	3,06	0,40	0,90	3,02	0,80
T18	0,86	3,26	0,42	0,90	3,02	0,19	0,93	2,65	0,50
L2	0,95	2,60	0,76	0,96	2,69	0,26	0,94	3,10	0,91
L4	0,96	3,16	0,10	0,96	2,86	0,62	0,96	2,61	0,74

TABLA 14. ÍNDICES CALCULADOS PARA VALORAR LA REPETIBILIDAD (ICC: índice de correlación intraclase), LA VARIACIÓN MÍNIMA SIGNIFICATIVA (MDC: minimal detectable change) Y LA ACOMODACIÓN / SENSIBILIZACIÓN (Si: p valor del ANOVA) DE LAS VALORACIONES CON ALGOMETRO EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

III. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS (MNT)

Los valores basales medios de MNT en M0 son similares en ambas pruebas y en todos los caballos más elevados en las vértebras más caudales (L2 y L4) respecto de las más craneales (T12, T15 y T18) (figura 51 Y 52).

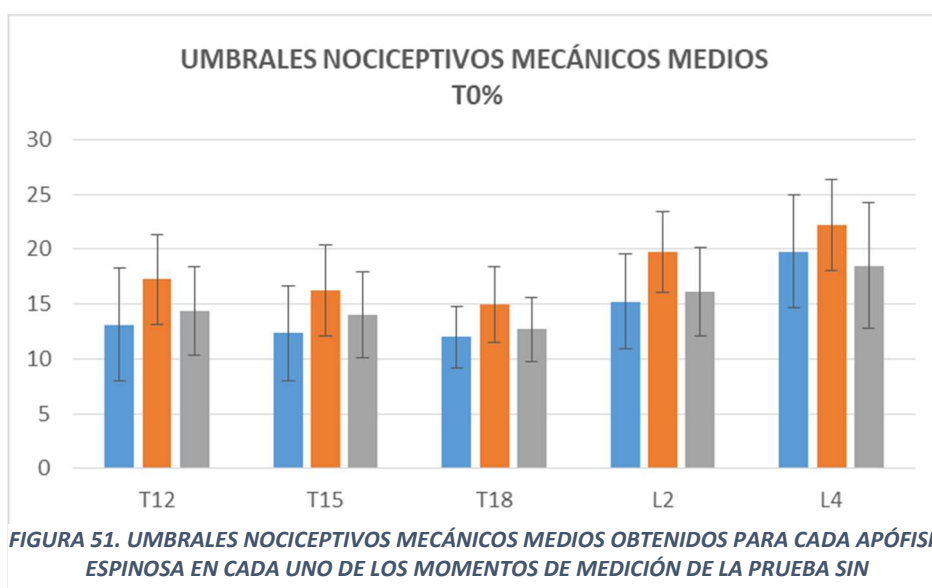


FIGURA 51. UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS MEDIOS OBTENIDOS PARA CADA APÓFISIS ESPINOSA EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%).

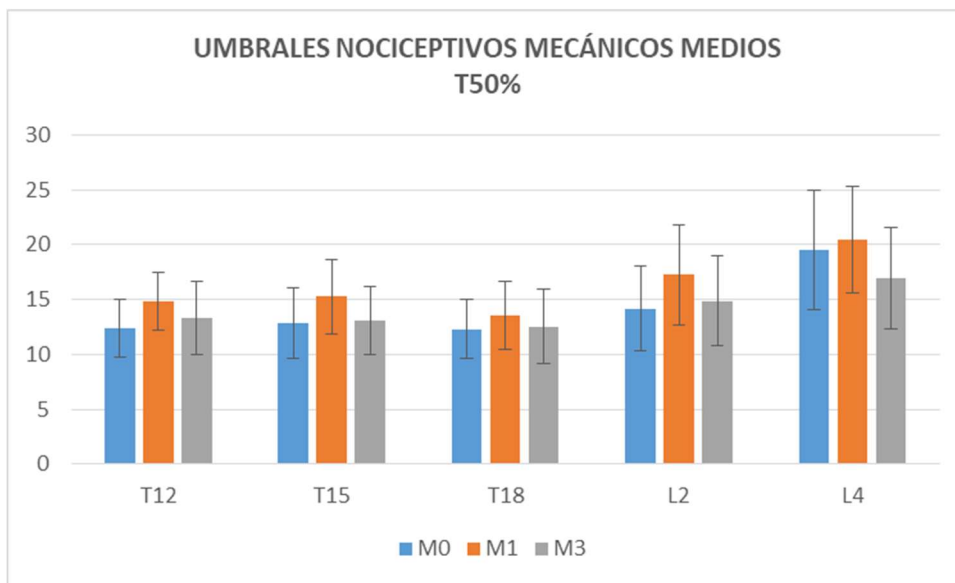


FIGURA 52. UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS MEDIOS OBTENIDOS PARA CADA APÓFISIS ESPINOSA EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

A continuación se describen los resultados observados tras la comparación de los distintos momentos de medición respecto del momento basal (M0) (**tabla 15**):

- Comparación M0 (basal) - M1 (60 minutos tras la aplicación)

En la prueba T0%, al comparar los MNTs basales (M0) con los obtenidos en M1, se observa un aumento en todas las localizaciones, más evidente en T12 y L2 (medias de 4.12 y 4.49, p valores 0.0068 y p 0.003 respectivamente).

En la prueba T50%, se observa también un aumento de MNTs en todos los valores medios obtenidos pero no tan notable como en la prueba T0%; el mayor aumento se obtiene a nivel de L2 (media 3.05 N). El p valor en estos casos es también < 0.05 excepto en T18 (media 1.27N p valor 0.172) y en L4 (media 0.96N p valor 0.46).

Si comparamos en ambas pruebas los aumentos medios del MNT obtenidos entre M0 y M1, las variaciones son escasas y presentan un p valor alto ($p > 0.05$) en todas las localizaciones.

- Comparación M0 (basal) - M3 (15 minutos tras su retirada)

En ambas pruebas, las variaciones de los valores medios del MNT entre M0 y M3, no son notables (inferiores a 2N en todas las espinosas evaluadas).

En la prueba T0%, el valor medio más alto entre M0 y M3 se produce a nivel de T15 (p 0.03). En L4 el valor medio es negativo (-1.3N), lo que supone un aumento de la sensibilidad en lugar de una disminución.

En la prueba T50% los aumentos de MNTs entre M0 y M3 son menores que en la prueba T0%, y en todos los casos inferiores a 1N ($p > 0.05$). Se mantiene la tendencia de L4 a generar un valor negativo (media -2.51N p valor 0.006).

Comparando las diferencias medias de MNT entre M0-M3 de ambas pruebas, se obtienen valores ligeramente superiores en la prueba T0%, pero con escasa significación estadística ($p > 0.05$ en todos los casos).

	COMPARATIVA M0-M1					
	T0%		T50%		T0%-T50%	
	MEDIA M1-M0	P	MEDIA M1-M0	P	MEDIA M1-M0	P
T12	4,12	0,007	2,43	0,0002	1,68	0,44
T15	3,84	0,0004	2,37	0,004	1,47	0,36
T18	2,97	0,0024	1,27	0,17	1,70	0,18
L2	4,49	0,003	3,05	0,02	1,44	0,70
L4	2,44	0,04	0,96	0,46	1,47	0,44
	COMPARATIVA M0-M3					
	T0%		T50%		T0%-T50%	
	MEDIA M3-M0	P	MEDIA M3-M0	P	MEDIA M3-M0	P
T12	1,21	0,26	0,86	0,54	0,35	1,00
T15	1,68	0,03	0,15	1,00	1,53	0,14
T18	0,74	1,00	0,24	1,00	0,49	1,00
L2	0,90	0,52	0,70	1,00	0,19	1,00
L4	-1,30	0,84	-2,51	0,006	1,21	0,48

TABLA 15. COMPARATIVA DE LOS MNT MEDIOS ENTRE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MEDICIÓN (M0-M1 Y M0-M3), PARA AMBAS PRUEBAS, EXPRESADOS EN NEWTONS. P VALOR APLICADA CORRECCIÓN DE BONFERRONI.

IV. TOLERANCIA A LA MEDICIÓN CON ALGÓMETRO

Tras algunas mediciones con el algómetro se observaron pequeñas depresiones en la piel en las zonas de contacto de la punta, que no generaban lesión y desaparecían tras unos minutos.

La tolerancia a la medición con algómetro fue evaluada en ambas pruebas, con resultados similares; en la prueba sin estiramiento el 60% de los caballos presentaron buena tolerancia a las mediciones (grado 1), mientras que en la prueba con estiramiento este porcentaje de tolerancia completa bajo al 53%. Tan sólo un caballo mostró baja tolerancia (grado 4) en ambas pruebas (**figura 53 y 54**).

Al retirar el vendaje ningún caballo evidenció signos de alteración en la piel. En la prueba T0%, a las 24 horas de pegado el vendaje permanecía en buen estado en todos los caballos; en la prueba T50%, el 53% de los caballos presentaban algún anclaje despegado, manteniéndose en todo ellos la parte central adherida a la apófisis espinosa.

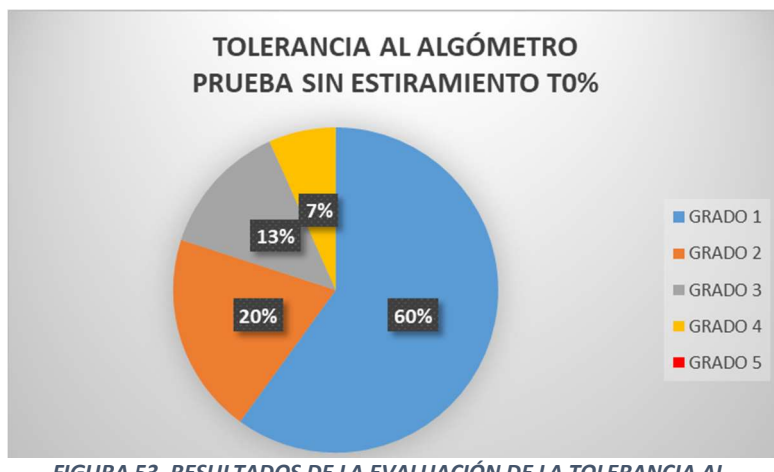


FIGURA 53. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA AL ALGÓMETRO SEGÚN ESCALA DE HAUSSLER ET AL., 2008. PRUEBA T0%.

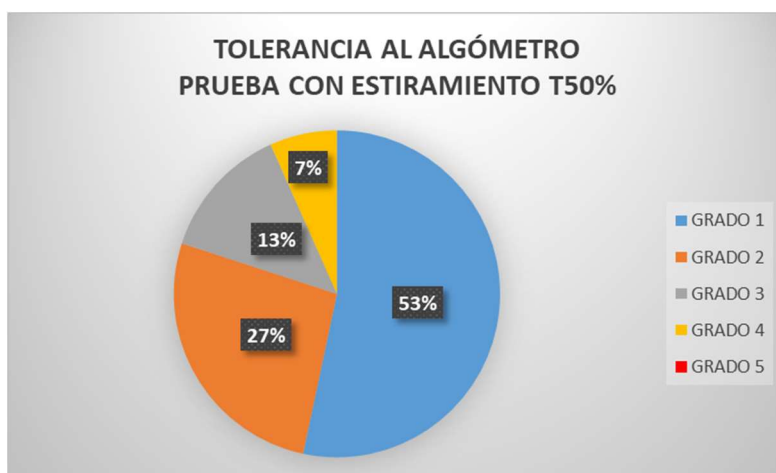


FIGURA 54. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA AL ALGÓMETRO SEGÚN ESCALA DE HAUSSLER ET AL., 2008. PRUEBA T50%.

C. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIANTE CÁMARA TERMOGRÁFICA

Las temperaturas medias evaluadas sobre cada apófisis espinosa en cada momento de medición (M0-M1-M2-M3) y en cada prueba (con y sin estiramiento del vendaje), están reflejadas en las **figuras 55 y 56**. Los valores medios oscilan entre los 30.28°C (medición media apófisis T12 en M2, prueba con estiramiento) y los 32.21°C (medición media apófisis T18 M1, prueba sin estiramiento). En todas las apófisis espinosas, y en ambas pruebas, el valor medio más alto se observa siempre en la medición M1.

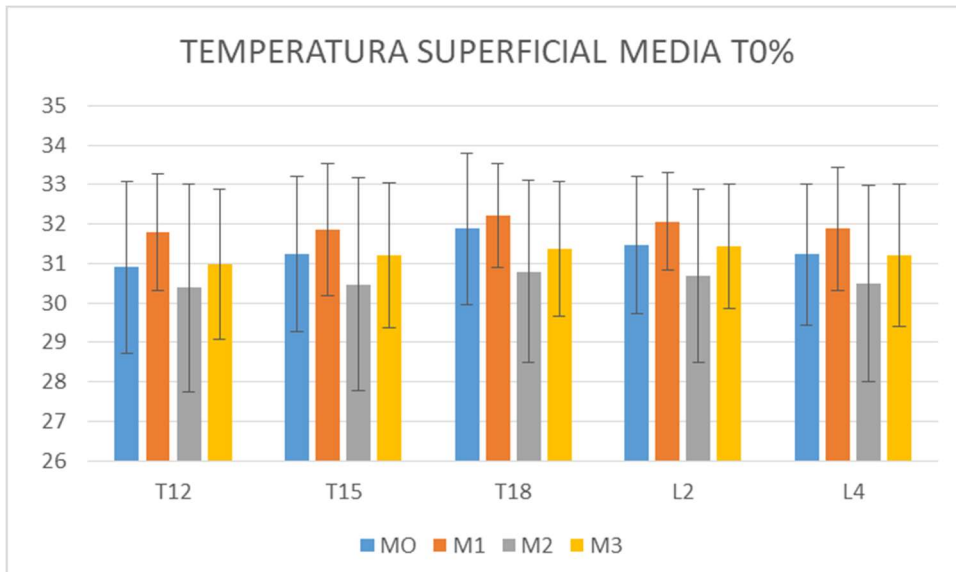


FIGURA 55. TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS OBTENIDAS PARA CADA APÓFISIS ESPINOSA EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%).

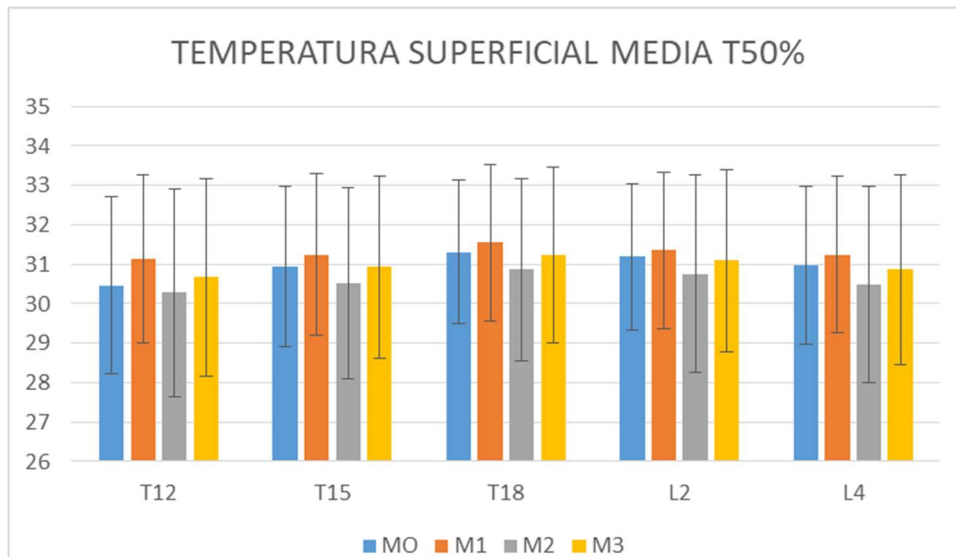


FIGURA 56. TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS OBTENIDAS PARA CADA APÓFISIS ESPINOSA EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

A modo de ejemplo, a continuación se muestran los termogramas de uno de los individuos de la muestra, en cada uno de los momentos de medición (**figura 57, 58, 59 y 60**).

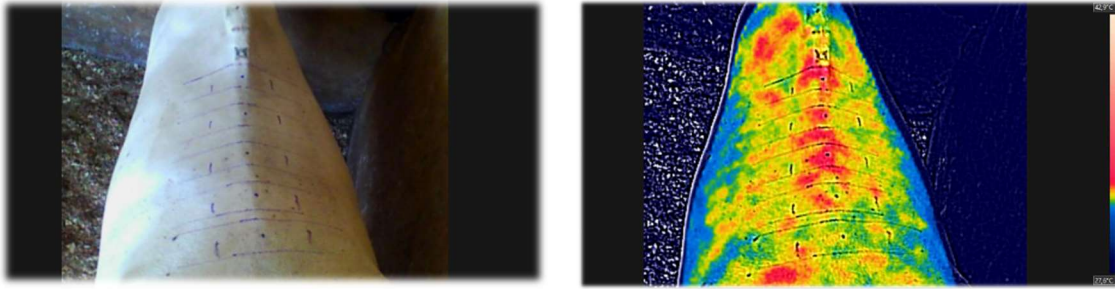


FIGURA 57. TERMOGRAMA CORRESPONDIENTE AL MOMENTO PREVIO A LA APLICACIÓN DE VENDAJE (M0).

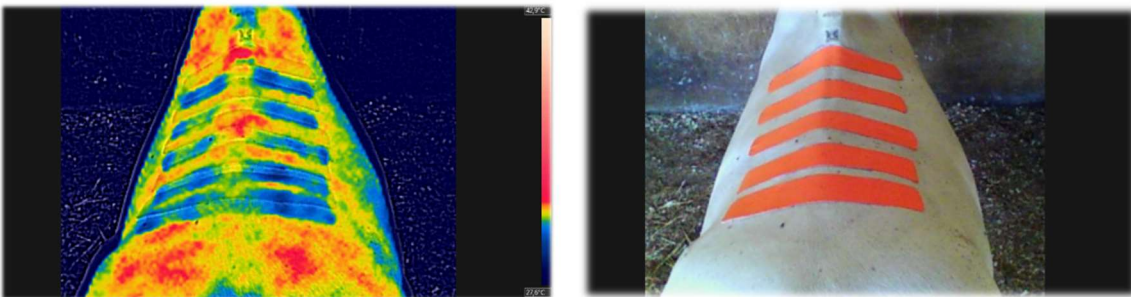


FIGURA 58. TERMOGRAMA CORRESPONDIENTE A LOS 60 MINUTOS TRAS LA APLICACIÓN DEL VENDAJE (M1).

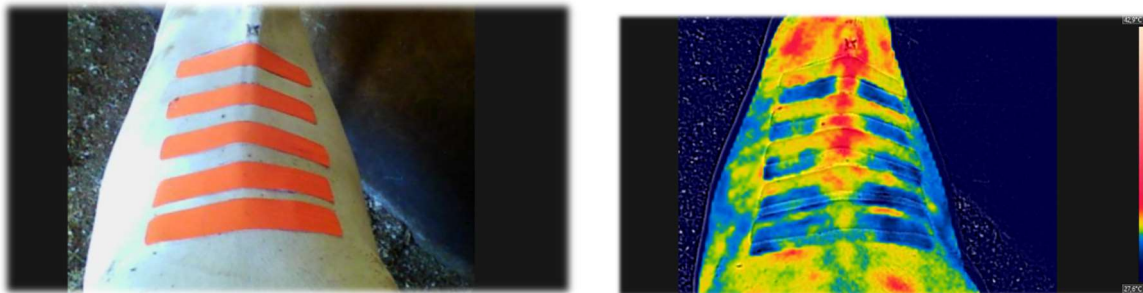


FIGURA 59. TERMOGRAMA CORRESPONDIENTE A LAS 24 HORAS TRAS LA APLICACIÓN DEL VENDAJE (M2).

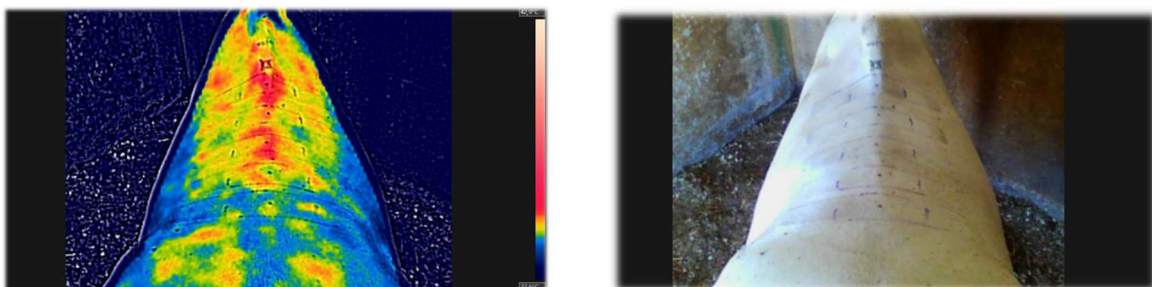


FIGURA 60. TERMOGRAMA CORRESPONDIENTE A LOS 15 MINUTOS TRAS LA RETIRADA DEL VENDAJE (M3).

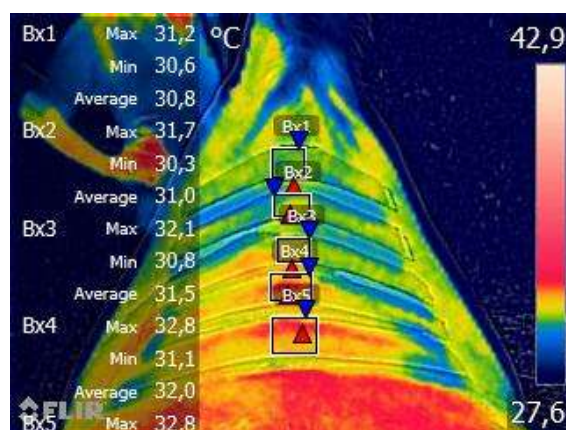


FIGURA 60 BIS. EJEMPLO DE IMAGEN PROCESADA CON LA APLICACIÓN FLIR®

A continuación se describen los resultados observados tras la comparación de los distintos momentos de medición respecto del momento basal (M0) (**tabla 16**):

- Comparación M0 (basal) - M1 (60 minutos tras la aplicación del vendaje)

En la prueba sin estiramiento (T0%), se observa un aumento de la temperatura media en todas las apófisis espinosas tras 60 minutos de colocado el vendaje. Estos aumentos son siempre superiores a medio grado centígrado (0.57-0.89°C) con p valores bajos pero tan sólo estadísticamente significativos en el caso de T12 (p valor 0.05).

En la prueba con estiramiento del vendaje (T50%) se observa la misma tendencia al aumento de temperatura media en M1 respecto de M0, pero no tan evidente (0.17-0.67°C), y con p valores más altos; de nuevo a nivel de la apófisis espinosa T12 el p valor es estadísticamente significativo y esta espinosa experimenta el mayor aumento de temperatura tras 60 minutos de aplicado el vendaje (0.67°C de aumento en M1 respecto de M0 con un p valor de 0.009).

Si analizamos los resultados medios obtenidos en la comparativa M0-M1 en la prueba sin estiramiento (T0%) respecto de la prueba con estiramiento (T50%), obtenemos diferencias escasas, inferiores a medio grado centígrado (<0.57°C) y con p valores altos, por lo que las diferencias entre la aplicación de una técnica u otra no son estadísticamente significativas.

- Comparación M0 (basal) - M2 (24 horas tras la aplicación del vendaje)

En la prueba sin estiramiento (T0%), al comparar los valores de temperatura medios obtenidos en M2 (24 horas tras la aplicación del vendaje) respecto de los valores basales (M0), se obtiene en todas las apófisis espinosas un valor negativo (varía entre -0.52 y -0.8°C), es decir, la temperatura media sufre un descenso superior a medio grado centígrado; los p valores son superiores a 0.05 pero en todo caso inferiores a 0.24.

En la prueba con estiramiento (T50%) se observa este mismo patrón; los valores de la comparativa son todos negativos (inferiores a - 0.5°C) con p valores en este caso más altos ($p > 0.36$).

Si analizamos los resultados medios obtenidos en la comparativa M0-M2 en la prueba sin estiramiento (T0%) respecto de la prueba con estiramiento (T50%), obtenemos así mismo valores negativos con p valores de 1.

- Comparación M0 (basal) - M3 (15 minutos tras la retirada del vendaje)

El análisis de los datos de temperaturas medias comparando las mediciones basales (M0) con las mediciones tras la retirada del vendaje (M3), muestran variaciones mínimas tanto en la prueba sin estiramiento (T0%) como en la prueba con estiramiento (T50%). Excepto para la apófisis espinosa T12, para el resto los valores comparativos son negativos, es decir, la temperatura disminuye en M3 respecto de M0, pero en ningún caso las variaciones son mayores a 0.2°C y los p valores (tras aplicar la corrección de Bonferroni) son altos (p valor 1 en todos los casos).

Al comparar ambas pruebas entre sí (T0% y T50%) las variaciones de temperatura para cada apófisis espinosa son igualmente insignificantes con p valores de 1, por lo que se pone de manifiesto que no hay diferencias estadísticamente significativas en las mediciones de temperatura entre el momento previo a colocar el vendaje y 15 minutos después de su retirada al día siguiente.

COMPARATIVA M0-M1						
	T0%		T50%		T0%-T50%	
	MEDIA M1-M0	P	MEDIA M1-M0	P	MEDIA M1-M0	P
T12	0,89	0,05	0,67	0,01	0,21	1,00
T15	0,63	0,15	0,31	0,36	0,31	1,00
T18	0,81	0,08	0,24	0,51	0,57	0,36
L2	0,57	0,06	0,17	1,00	0,40	0,60
L4	0,65	0,19	0,25	0,42	0,39	0,81
COMPARATIVA M0-M2						
	T0%		T50%		T0%-T50%	
	MEDIA M2-M0	P	MEDIA M2-M0	P	MEDIA M2-M0	P
T12	-0,52	0,21	-0,19	1,00	-0,33	1,00
T15	-0,77	0,21	-0,42	0,84	-0,34	1,00
T18	-0,60	0,24	-0,44	0,39	-0,15	1,00
L2	-0,80	0,09	-0,43	0,60	-0,36	1,00
L4	-0,73	0,21	-0,50	0,36	-0,23	1,00
COMPARATIVA M0-M3						
	T0%		T50%		T0%-T50%	
	MEDIA M3-M0	P	MEDIA M3-M0	P	MEDIA M3-M0	P
T12	0,08	1,00	0,20	1,00	-0,12	1,00
T15	-0,02	1,00	-0,02	1,00	-0,01	1,00
T18	-0,01	1,00	-0,07	1,00	0,06	1,00
L2	-0,04	1,00	-0,09	1,00	0,06	1,00
L4	-0,03	1,00	-0,12	1,00	0,08	1,00

TABLA 16. COMPARATIVA DE LOS VALORES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL MEDIOS ENTRE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MEDICIÓN (M0-M1, M0-M2 Y M0-M3), PARA AMBAS PRUEBAS, EXPRESADOS EN GRADOS CENTÍGRADOS. P VALOR APLICADA LA CORRECCIÓN DE BONFERRONI.

I. CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURA Y HUMEDAD AMBIENTE

Los valores medios de temperatura ambiente medidos en los distintos momentos oscilan entre los 24.2°C y los 27.4°C, en ambas pruebas. Los valores medios de humedad relativa medidos en los distintos momentos oscilan entre un 32% y un 40%, en ambas pruebas (**tabla 17**).

Respecto a la comparativa entre la temperatura media del ambiente en los distintos momentos del estudio, se obtienen aumentos de temperatura ambiente de alrededor de 1,5°C al comparar el momento basal con M1, M2 y M3, en todas menos en dos comparativas en las que apenas hay variación de temperatura ambiente. Cuando se producen estas variaciones de temperatura el p valor es estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

En cuanto a la humedad relativa del ambiente no se obtienen marcadas variaciones que sean estadísticamente significativas; se registran aumentos y disminuciones que, en valor medio, nunca superan un 3.5% en positivo o un 2.4% en negativo.

Las variaciones en los valores de humedad relativa con mayor relevancia estadística son el aumento de 2.47% entre el momento M0-M1 (prueba T50%), y la disminución de -3.53 % en la comparativa M0-M2 (prueba T50%) y la de -2.47 entre M0-M3 (prueba T50%).

COMPARATIVA M0-M1						
T0%		T50%		T0%-T50%		
	MEDIA M1-M0	P	MEDIA M1-M0	P	MEDIA M1-M0	P
T AMB	1,55	0,001	1,55	0,002	0,01	1,00
H% AMB	1,07	0,51	2,47	0,048	-1,40	0,93
COMPARATIVA M0-M2						
T0%		T50%		T0%-T50%		
	MEDIA M2-M0	P	MEDIA M2-M0	P	MEDIA M2-M0	P
T AMB	0,32	1,00	1,60	0,01	-1,28	0,20
H% AMB	-0,87	0,75	-3,53	0,01	2,66	0,09
COMPARATIVA M0-M3						
T0%		T50%		T0%-T50%		
	MEDIA M3-M0	P	MEDIA M3-M0	P	MEDIA M3-M0	P
T AMB	0,11	1,00	1,51	0,02	-1,40	0,19
H% AMB	0,40	1,00	-2,47	0,04	2,86	0,05

TABLA 17. COMPARATIVA DE LOS VALORES MEDIOS DE TEMPERATURA AMBIENTE Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE ENTRE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MEDICIÓN (M0-M1, M0-M2 Y M0-M3), PARA AMBAS PRUEBAS. TEMPERATURA AMBIENTE EXPRESADA EN GRADOS CENTÍGRADOS Y HUMEDAD RELATIVA EN %. P VALOR APLICADA CORRECCIÓN DE BONFERRONI.

7. DISCUSIÓN

El uso del VNM en el campo de la fisioterapia equina se ha extendido en los últimos años, pero existe un vacío remarcable en la investigación clínica de sus efectos en animales.

En fisioterapia humana, el número de publicaciones científicas sobre VNM es amplio y variado, en metodología y objetivos, ya que este tipo de técnica puede aplicarse de distintas formas en base al efecto deseado, y en un gran número de patologías. La variedad de técnicas existentes (forma de aplicación, lugar de aplicación, porcentaje de estiramiento, forma de la venda, tiempo de aplicación) hace difícil comparar estudios entre sí, así como la extrapolación de resultados al ámbito veterinario, que en cualquier caso no debe hacerse sin tener en cuenta que la presencia del pelo en los animales puede ser un factor limitante de sus beneficios.

Varias revisiones bibliográficas analizan las investigaciones publicadas en materia de VNM en fisioterapia humana, con conclusiones diversas; en su mayoría describen la existencia de un efecto analgésico (Liu et al. 2019, Artioli and Bertolini 2014, Calero Saa and Cañón Martínez 2012), aunque otras consideran que según la bibliografía existente, los resultados referentes a la eficacia de esta técnica son inconcluyentes (Williams et al. 2012, Kalron and Bar-Sela 2013, Espejo and Apolo 2011) o no apoyan su eficacia (Silva Parreira et al. 2014a).

Hasta el momento, no hay trabajos publicados, en conocimiento de la autora, sobre el efecto del vendaje neuromuscular aplicado sobre el dorso del caballo.

A. HALLAZGOS CLINICOS

Los hallazgos clínicos detectados en la evaluación previa al inicio del estudio nos dan una idea de la incidencia de alteraciones en la región toraco-lumbar del caballo que son subclínicas o bien no son detectadas por sus jinetes. Más de la mitad de los caballos evaluados presentaban alteraciones en la curvatura de su columna y alrededor de un 70% atrofia muscular a nivel paravertebral o abdominal, con las consecuencias que esto tiene en la región del caballo que soporta el peso del jinete.

La evaluación del tono muscular y de la movilidad no presentó modificaciones significativas entre el momento previo a la colocación del vendaje y el momento posterior tras su retirada, como era de esperar ya que según nuestra hipótesis y en base a los efectos de la técnica empleada, el vendaje no actuaría sobre esos parámetros.

Sin embargo, la sensibilidad en la musculatura paravertebral disminuyó en todos los caballos que presentaban dolor en esa zona antes de la aplicación del vendaje en la prueba con estiramiento, hecho que no se observó con tanta relevancia en la prueba sin estiramiento. Nuestras mediciones (algometría y termografía) se localizaron directamente sobre las apófisis espinosas, y no sobre la musculatura adyacente, pero la porción activa del vendaje estaba también colocada sobre esa zona muscular, por lo que sería interesante en futuros estudios evaluar este efecto.

Los resultados de la palpación clínica sobre las apófisis espinosas se describen en el siguiente epígrafe.

B. EFECTO ANALGÉSICO DEL VENDAJE NEUROMUSCULAR

La valoración del efecto analgésico del VNM en este estudio se ha realizado mediante la determinación de umbrales nociceptivos mecánicos (MNT) y mediante la evaluación clínica.

Al analizar los resultados de la **evaluación clínica** se obtienen mejorías considerables en la palpación final (M3) respecto de la palpación inicial basal (M0), en ambas pruebas, en aquellas apófisis espinosas que presentaban dolor. En la evaluación final (M3) de la prueba sin estiramiento (T0%) tan solo una apófisis mantiene dolor leve, frente a 16 que presentaban dolor en M0; en la evaluación final de la prueba con estiramiento (T50%), 3 apófisis espinosas mantienen dolor leve, frente a 15 que presentaban dolor en M0.

Los resultados de la **medición con algómetro**, evidencian un efecto analgésico a los 60 minutos de aplicado el VNM (M1), en ambas pruebas (T0% y T50%), pero con valores medios de aumento de MNT mayores en el grupo sin estiramiento (T0%). Sin embargo, observamos que los incrementos del MNT a los 60 minutos de aplicado el vendaje (M1), no se mantienen con la misma relevancia en la evaluación a las 24 horas tras la retirada del mismo (M3), por lo que el efecto analgésico, evaluado con algómetro de presión, no se mantiene, a pesar de que clínicamente sí se detecta analgesia en la evaluación a las 24 horas (M3).

Dos hipótesis podrían explicar la diferencia entre los resultados clínicos y algométricos obtenidos en M3.

La primera deriva del hecho de que los caballos incluidos en el estudio, en su mayoría, no presentaban dolor sobre sus apófisis espinosas (33% de los caballos no presentaban dolor en ninguna de las 5 apófisis estudiadas), por lo que las variaciones esperadas del umbral mecánico nociceptivo en la mayoría de apófisis (que eran indoloras) no son muy amplias, al no haber dolor previo. Tan sólo estarían mejorando un número pequeño de apófisis que sí presentaban dolor previo, evidente en el análisis descriptivo de los resultados de la evaluación clínica, pero no tan relevante en términos estadísticos al analizar los resultados de la algometría.

La mejoría en los MNT detectada en M1 en ambas pruebas (con y sin estiramiento del vendaje), podría responder al efecto analgésico del vendaje a corto plazo, ya descrito en estudios en personas con dolor lumbar crónico (Celenay and Kaya 2019), efecto que según nuestros resultados sólo se estaría manteniendo al quitar la venda (M3) sobre las apófisis que mostraban clínicamente dolor en M0.

La dificultad de encontrar una muestra homogénea de caballos con dolor detectable clínicamente en las mismas apófisis espinosas nos llevó a emplear caballos montados con regularidad, siguiendo el criterio de otros autores (Sullivan et al. 2008), que asumen que los caballos que se montan sufren molestias subclínicas en el dorso; pudimos constatar este hecho, ya que observamos en nuestra muestra que alrededor de un 20% de las determinaciones de dolor basal sobre las apófisis espinosas eran positivas. Así mismo, la principal patología diagnosticada a nivel de apófisis espinosas es la superposición de las mismas (“kissing spines”) (Henson and Kidd 2009) que a menudo cursa de manera subclínica y se diagnostica en caballos sin signos clínicos (Fonseca et al. 2006, Clayton and Stubbs 2016). Dado que se describen MNT mayores en animales montados respecto de los que no se montan (Haussler and Erb 2006a), era necesario seleccionar únicamente caballos montados para evitar sesgos.

En esta misma línea, (Ranner, Gerhards and Klee 2002) indican que el síndrome de superposición de apófisis espinosas (“kissing spines”) puede existir sin que existan evidencias detectables mediante palpación, lo que justifica que se incluyan en el estudio tanto caballos con dolor a la palpación sobre la columna como aquellos que no presenten este síntoma.

La elección de las apófisis espinosas (T12, T15 y T18, L2 y L4) se realizó en base a los estudios que describen una mayor incidencia de patología sobre estas estructuras en la región torácica media y caudal (Cousty et al. 2010, Clayton and Stubbs 2016, Walmsley et al. 2002). Apenas se describe patología en apófisis espinosas lumbares pero tomamos dos de ellas para tener datos en otros segmentos y porque clínicamente sí es habitual, en base a la experiencia de la autora, encontrar sensibilidad en apófisis espinosas lumbares.

Respecto a las mediciones termográficas, no se describen diferencias significativas en termogramas de caballos sanos cuando se comparan animales montados frente a animales que no son montados (Tunley and Henson 2004), por lo que la termografía no condicionaba los criterios de inclusión.

La segunda hipótesis para explicar la variación de los resultados obtenidos de manera clínica y mediante algometría en M3, se basa en la diferencia de presión ejercida sobre las apófisis espinosas en ambos métodos, y los tejidos que pueden verse afectados con uno y otro. Mientras que con un dedo pulgar, la presión que se aplica en una palpación se describe de unos 0.4-0.6 kgf/cm² (Haussler et al. 2008), el menor MNT detectado durante nuestro procedimiento experimental fue de 14.28 kgf/cm² (4.4 N, punta de 2 mm diámetro), por lo que la fuerza máxima aplicada durante la evaluación clínica sería unas 30 veces inferior a la ejercida para generar una respuesta dolorosa con el algómetro en la espinosa más sensible de todo el estudio (sería la que tolera menos presión con el algómetro).

Si además tenemos en cuenta que las puntas de menor área dan resultados más consistentes y repetibles (Taylor et al. 2016, Duan et al. 2014, Pongratz and Licka 2017), pero generan menos deformación en tejidos profundos (Treede et al. 2002),

entonces con el dedo estaríamos generando una menor presión, menos consistente y repetible, y afectando a tejidos más profundos que al utilizar la punta de nuestro algómetro (0.031 cm²), lo que podría explicar la diferencia entre los resultados obtenidos con ambos métodos.

Evaluar la correlación entre la palpación clínica y los valores de MNT no era uno de los objetivos de este estudio, aunque esta correlación está descrita en varios artículos (De Heus et al. 2010, Varcoe-Cocks et al. 2006). En nuestros resultados, como ya hemos comentado, no obtuvimos correlación en las mediciones clínicas y algométricas en M3, pero si comparamos los umbrales nociceptivos basales obtenidos en las apófisis espinosas que presentaban sensibilidad clínica con los umbrales nociceptivos medios obtenidos (de todos los caballos) para esa misma localización, en su mayoría, los valores de los caballos que evidenciaban dolor clínico siempre eran menores que dichas medias.

En este punto, cabe recordar, que según los resultados del experimento realizado de manera previa al estudio (descrito en “Materiales y Método”), las mediciones tomadas en M1 con el algómetro no se vieron alteradas por el hecho de que se tomaran sobre el vendaje (la venda estaba colocada, al contrario que en M0 y M3, momentos en los cuales no había venda adherida), como ya comprobamos.

Si comparamos nuestros resultados con los descritos en fisioterapia humana, observamos que en varios trabajos describen el efecto analgésico del VNM detectado a corto plazo (Thelen et al. 2008, Paoloni et al. 2011, Tsai, Chang and Lee 2010) y aunque en estos estudios los sujetos fueron vendados en varias ocasiones y llevaron el vendaje colocado durante tiempos más prolongados, no creemos que éste sea un factor clave ya que también se ha demostrado efecto analgésico en pacientes con dolor lumbar tras 24 horas de vendaje (Chang et al. 2018) e incluso tras 45 minutos (Celenay and Kaya 2019), al igual que observamos en nuestra muestra a los 60 minutos (M1).

Comparándolo con otras técnicas, Azatcam y colaboradores, describen un efecto analgésico más eficaz que la aplicación de corrientes tipo TENS, con la ventaja de que el vendaje puede ser aplicado cada 3 días y las corrientes necesitan un tratamiento diario (Azatcam et al. 2017), mientras que Mohamadi y colaboradores, comparan su efecto analgésico en puntos gatillo frente al empleo del masaje y no obtienen mejora con ninguna de las dos terapias (Mohamadi et al. 2017).

Algunos autores obtienen analgesia tras la aplicación de VNM pero no la consideran relevante desde el punto de vista clínico (Gonzalez-Iglesias et al. 2009, Castro-Sanchez et al. 2012, Thelen et al. 2008), no evidencian mejoras en el dolor perse (Aytar et al. 2011) o frente a otras terapias (Campolo et al. 2013, Paoloni et al. 2011).

Como ya hemos comentado al inicio de esta discusión, la bibliografía referente al efecto analgésico del VNM en fisioterapia humana es amplia, pero debido a la gran variedad de técnicas y aplicaciones (forma y lugar de aplicación, estiramiento del vendaje, forma de la tira, marca del vendaje...), resulta difícil analizar nuestros resultados de forma comparativa frente a otros estudios.

C. CONSIDERACIONES RESPECTO AL EMPLEO DE LA ALGOMETRÍA DE PRESIÓN EN CABALLOS

I. UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS: VALORES ABSOLUTOS

Cabe señalar que no es posible comparar entre sí los resultados de MNT obtenidos de estudios de algometría realizados con puntas de distinta área y forma, ya que producen una deformación diferente del tejido, y aunque empleando puntas de mayor superficie se obtienen MNT mayores, la relación no es lineal (Taylor et al. 2016, Dixon et al. 2010). Por este motivo, no podemos analizar nuestros resultados absolutos en base a resultados obtenidos en otros estudios.

Además, la marcada variabilidad de los MNT descrita entre individuos (Vanderweeën et al. 1996, De Heus et al. 2010, Haussler and Erb 2003) dificulta el establecimiento de un valor absoluto de referencia por debajo del cual se pueda considerar que el caballo siente dolor. En nuestros resultados hemos observado también esta marcada variabilidad interindividual, que de media pueden oscilar entre los 12 y los 20 N en las mediciones basales (M0), pero si analizamos los valores de cada individuo para una misma apófisis espinosa las variaciones llegan a ser mayores a 15N. Esta amplia variabilidad entre individuos hace necesario contar con muestras grandes, que presenten respuestas uniformes, para evitar un sesgo muestral.

Algunos autores establecen valores de referencia indicativos de presencia de dolor; Haussler y colaboradores, describen como significativas diferencias mayores a 1kg (área de la punta 1 cm²) entre una zona y la contralateral (Haussler and Erb 2006b), y en caballos que presentan patología músculo-esquelética, los MNT en esas zonas lesionadas se refieren como inferiores a 5kg/cm² (área de la punta 1cm²) (Haussler and Erb 2003).

El cálculo estadístico del MDC (Minimum Detectable Change) (**tabla 13**) nos arroja valores que en nuestro caso nos permite afirmar, y siempre bajo las condiciones de medición de este estudio, que las variaciones de MNT mayores a 4N no son atribuibles al azar. No es posible transferir o comparar este valor con los obtenidos en otros estudios como ya hemos explicado, por la diferencia en forma y área de las puntas empleadas.

Al igual que describen otros estudios, en nuestra muestra observamos un aumento de MNT en las mediciones más caudales respecto de las más craneales, que se asocia a una menor densidad nociceptiva en la región más caudal (Haussler and Erb 2006a) y al aumento del grosor del tejido en la zona lumbar respecto de la torácica (Pongratz and Licka 2017).

II. ELECCIÓN DE LA PUNTA

Como hemos descrito en el capítulo de “Materiales y Método”, la elección de la punta de 2mm de diámetro (3.14 mm²) se basó en pruebas realizadas con las distintas puntas del equipo.

Inicialmente planteamos utilizar una punta de mayor área, que se pareciera lo más posible a la presión ejercida por un dedo (para asemejarla a la evaluación clínica de dolor sobre las apófisis) y al área de punta utilizado en la mayoría de estudios publicados en caballos (1cm²) (Sullivan et al. 2008, Haussler and Erb 2006b, Haussler and Erb 2006a, Haussler and Erb 2003, Haussler et al. 2007, De Heus et al. 2010, Menke et al. 2016). Sin embargo, realizamos varias pruebas con puntas mayores y en la mayoría de las mediciones la presión requerida para desencadenar una respuesta dolorosa superaba los límites de fiabilidad descritos por el fabricante del equipo.

Una ventaja del uso de puntas de menor superficie, es que se requiere menos fuerza para alcanzar el umbral nociceptivo (Duan et al. 2014, Raundal et al. 2014). Este detalle debe tenerse en cuenta si se mide sobre eminencias óseas (como en nuestro caso), ya que se describe una tendencia de la punta a deslizarse hacia un lado de la eminencia ósea cuando se ejerce mucha fuerza sobre ella (Raundal et al. 2014) (por deslizamiento de la piel, hecho que constatamos en nuestros experimentos previos).

Así mismo, cuando se ejerce una fuerza elevada, algunos caballos pueden manifestar una respuesta de alejamiento del operador sin haber alcanzado el umbral nociceptivo, ya que durante la doma se les enseña a apartarse cuando reciben un estímulo de fuerza sobre ellos (Taylor and Dixon 2012). Por todo esto, consideramos que era preferible utilizar una punta de menor área, que requiriera la aplicación de una fuerza menor para alcanzar el MNT, y nos permitiera obtener mayor fiabilidad en los resultados.

III. TASA DE PRESIÓN

En la bibliografía se describen diferentes tasas de presión en caballos, sin que exista un consenso sobre su elección; una de las más empleadas es 10kg/cm²/segundo (punta de 1cm²) (Haussler and Erb 2006a, Haussler et al. 2007), según estos autores una tasa elevada permite minimizar el tiempo de medición, con resultados repetibles.

La tasa de presión utilizada en este estudio fue de 2N/segundo, inferior a los 10kg/cm²/segundo, citados; esta elección se realizó siguiendo las recomendaciones del fabricante del equipo, y porque bajo nuestro criterio es más sencillo mantener una tasa constante y finalizar la medición a tiempo con tasas bajas.

Dado que las tasas de presión no son comparables entre estudios si no se emplean puntas similares en área y forma, ya que existe una relación lineal entre la tasa y los valores de MNT (List et al. 1991), consideramos fundamental elegir una tasa baja (o bien la que indique el fabricante) y ante todo mantenerla constante en todas las mediciones que se realicen para asegurar su repetibilidad.

Para mantener esta tasa de presión constante, varios autores recomiendan el uso de algómetros digitales con sistemas para monitorizar la tasa aplicada durante todo el procedimiento (Kosek et al. 1993, Jensen et al. 1986), como el usado en nuestro estudio.

IV. REPETIBILIDAD

Para establecer la fiabilidad de la técnica de algometría, se calculó el índice de correlación intraclase (ICC), que permite determinar el grado de concordancia de las observaciones obtenidas, es decir evaluar la repetibilidad; en este caso se tomaron tres determinaciones del umbral nociceptivo en cada apófisis espinosa, de manera consecutiva, con un lapsus de tiempo de 30 segundos entre medición y medición.

Nuestros resultados arrojan índices de correlación intraclase (ICC) superiores a 0.82 en todas las valoraciones. Según la escala de Landis y Koch que relaciona el ICC con el grado de acuerdo entre las determinaciones evaluadas (Kramer and Feinstein 1981), un grado de acuerdo casi perfecto queda comprobado cuando el valor de ICC se encuentra comprendido entre 0.81 y 1, y en cualquier caso cuando es mayor que 0.85. En nuestro estudio en todas las mediciones realizadas en la prueba sin estiramiento (T0%) el ICC se sitúa por encima de 0.9, y en el caso de la prueba con estiramiento (T50%) los valores de ICC son algo menores pero en ningún caso inferiores a 0.82, por lo que nuestros valores de ICC indican una buena repetibilidad de las mediciones tomadas con algómetro.

Esta repetibilidad, que ya ha sido evidenciada en otros estudios con caballos (Haussler and Erb 2006b, Haussler et al. 2008, Haussler and Erb 2006a, Haussler and Erb 2003, Chambers, Livingston and Waterman 1990), se logra con un solo operador, tomando tres mediciones en cada punto, con una tasa constante de presión (Nussbaum and Downes 1998) y marcando los puntos exactos de medición (Vatine et al. 1993).

V. ACOMODACIÓN / SENSIBILIZACIÓN

Los fenómenos de acomodación o sensibilización se describen cuando en sucesivas mediciones con el algómetro en un mismo punto, los valores de MNT tienden a subir o a bajar, generando acomodación si aumentan o bien sensibilización si bajan.

En nuestros resultados no observamos fenómenos de acomodación o de sensibilización en sucesivas mediciones como citan otros autores (alrededor de un 25% de acomodación y menos de un 10% de sensibilización) (Haussler and Erb 2006a, Haussler et al. 2007, Haussler et al. 2008, Haussler and Erb 2003). Estos trabajos asocian este efecto con la frecuencia de las mediciones, que se repiten cada 3-4 segundos; la inclusión de una pausa de 30 segundos entre medición y medición en nuestro estudio puede explicar la ausencia de estos fenómenos.

VI. TOLERANCIA A LA PRUEBA

La mayoría de los caballos toleraron bien las mediciones realizadas con el algómetro, al igual que se describe en otros estudios (Hausssler et al. 2007, Hausssler et al. 2008, Hausssler and Erb 2006a), aunque debemos señalar que estos estudios fueron realizados con puntas de mayor superficie y por lo tanto más tolerables.

Un porcentaje en torno al 40% mostró algunos signos de molestia en grado leve que no alteraron la toma de las mediciones. Como ya se ha descrito un caballo no pudo ser incluido en el estudio debido a su alta intolerancia a la prueba; observamos que sí toleraba la aplicación de puntas de mayor área, pero no la punta utilizada en el estudio, por lo que la inclusión de este animal fue descartada. En este caso observamos que existe una relación proporcional entre la tolerancia y el área de la punta empleada; aunque no hay, en conocimiento de la autora, estudios en caballos cuyo objetivo único sea evaluar la tolerancia en función de la forma y área de la punta.

La tolerancia fue similar en ambas pruebas, que se desarrollaron en orden aleatorio pero en días consecutivos; no observamos menor tolerancia en la prueba realizada en segundo lugar respecto de la prueba realizada en primer lugar, por lo que no creemos que se produzca una sensibilización mantenida tras la aplicación del algómetro que disminuya la tolerancia del caballo a sucesivas pruebas.

Las pequeñas depresiones observadas en la piel de algunos caballos segundos después de la aplicación del algómetro, no fueron relacionadas con menor tolerancia a la prueba; éstas depresiones no generaban lesión o mayor sensibilidad y desaparecían tras unos minutos.

D. EFECTO DEL VENDAJE NEUROMUSCULAR SOBRE LA CIRCULACIÓN LOCAL

Uno de los beneficios que describe la técnica de aumento de espacio, es la activación del sistema circulatorio (Kase 2000, Kase, Wallis and Kase 2003), respuesta evaluada en nuestro estudio.

La termografía fue el método elegido para la evaluación de este efecto, debido a su capacidad para determinar las variaciones en la irrigación sanguínea y el metabolismo tisular local, de manera indirecta, mediante la medición de la temperatura de la piel (Wright, Kroner and Draijer 2006, Turner et al. 1986). La elección de esta técnica se basó en que no es invasiva, es relativamente sencilla de realizar y no se limita exclusivamente a la detección de cambios de temperatura asociados a procesos patológicos, sino que también permite identificar variaciones en la microcirculación originados por el uso de medicación o, en nuestro caso, estímulos externos (Casas-Alvarado et al. 2020).

Según la hipótesis que planteamos, y que se basa en los efectos del VNM que describen su creador (Kase et al. 2003) y algunos autores (Woodward et al. 2015, Stedje et al. 2012), la respuesta circulatoria inducida por la aplicación de un vendaje bajo la técnica de aumento de espacio, se debe a que la elevación de la piel que genera el vendaje incrementa el espacio intersticial y facilita la irrigación sanguínea subcutánea. Las variaciones que se producen en la temperatura de la piel son en gran medida debidas a cambios en la perfusión tisular y en el flujo sanguíneo en venas superficiales (Love 1980), por lo que podríamos detectar estos cambios empleando la técnica de la termografía.

Sin embargo, nuestros resultados no apoyan la hipótesis establecida, ya que muestran pequeñas diferencias y con escasa relevancia estadística entre las temperaturas medias obtenidas en ambas pruebas (T0%-T50%). Esto indica que el hecho de colocar un vendaje sobre las apófisis espinosas del caballo, sin estiramiento frente a estirarlo, no genera un cambio a corto plazo a nivel de la temperatura superficial y por ende a nivel de la circulación periférica local. Así, en base a lo observado en nuestro estudio, no podemos concluir que las circunvoluciones creadas en la técnica con estiramiento sean responsables del aumento de circulación.

En un reciente estudio (Liu et al. 2020) se sugiere que el aumento de irrigación sanguínea podría deberse además a la secreción de óxido nítrico (un potente vasodilatador) por parte del endotelio vascular, en respuesta a la acción mecánica del vendaje sobre la pared de los vasos sanguíneos. Esta acción mecánica derivaría de la compresión ejercida por el vendaje sobre la piel, que sería transmitida hacia capas subepidérmicas a través de la continuidad del tejido conjuntivo (Pamuk and Yucesoy 2015). La conexión existente entre la piel y el tejido conectivo subyacente, basado en el principio de tenseguridad, podría explicar esta transmisión del estímulo del VNM desde la piel hacia capas más profundas (Villota Chicaíza 2014).

Este autor (Liu et al. 2020) compara dos aplicaciones de VNM y de vendaje convencional deportivo (vendaje en “pulpo” y en “Y”) colocadas todas ellas con tensión “paper off” (10-15%) generando circunvoluciones, pero obtiene un mayor efecto sobre la temperatura cuando se aplica el vendaje en “pulpo” (que presenta mayor perímetro que un vendaje en “Y”); achaca estos hallazgos al gradiente de presión que se crea en los bordes del vendaje, mayor en el vendaje en “pulpo” por tener un mayor número de tiras.

Es decir, en base a los hallazgos de Liu y colaboradores, el efecto sobre la circulación local no derivaría de las circunvoluciones creadas al aumentar espacio, sino de la presión que reciben los vasos sanguíneos por el gradiente de presión creado, y su respuesta a esta presión sería la liberación de sustancias vasodilatadoras.

En nuestro estudio, aunque no hemos observado diferencias significativas entre estirar y no estirar el vendaje, si analizamos las temperaturas medias obtenidas para cada apófisis espinosa en los distintos momentos de medición de ambas pruebas, veremos una clara tendencia al aumento de temperatura en M1 respecto de la temperatura basal medida en M0 (aumentos entre 0,17 y 0,89°C en M1 respecto de

M0), una disminución en M2 respecto de M0 (disminuciones entre -0.19 y -0.8°C en M2 respecto de M0), y cambios muy escasos en M3 respecto de M0 (variaciones entre 0.2 y -0.01°C entre M3 y M0).

Aunque estos valores sólo resultan estadísticamente significativos en la apófisis espinosa T12 ($p < 0.05$ en ambas pruebas, comparativa M0-M1), el aumento de la temperatura media entre M0 y M1, similar en ambas pruebas y en todas las apófisis, nos hace pensar que existe un efecto sobre la temperatura local por el hecho de colocar el vendaje, que es independiente de su estiramiento y que podría deberse al gradiente de presión creado y a su efecto mecánico sobre los vasos sanguíneos adyacentes, como describen Liu y colaboradores (Liu et al. 2020).

Respecto al hecho de que la comparativa M0-M1 muestre un aumento de la temperatura media en todas las apófisis pero sólo con p valor < 0.05 en T12, en opinión de la autora, no hay justificación fisiológica para este fenómeno, ya que no hay diferencias anatómicas o vasculares que puedan explicarlo. Consideramos que sería necesario repetir la prueba con un número mayor de individuos para comprobar si de esta manera la significancia estadística en el resto de apófisis pudiera mejorar.

Además de Liu y colaboradores (Liu et al. 2020), otro estudio realizado en medicina humana detecta aumentos de temperatura estadísticamente significativos; en uno de ellos, aplicando la técnica de detonificación muscular con un vendaje en “Y” se detectó un aumento en la zona central comprendida entre las dos tiras de la “Y” a los 60 minutos y a las 24 horas de colocado el vendaje, pero no sobre el vendaje o a ambos lados de éste (Racheniuk and al 2008). Otros autores identifican un aumento significativo de temperatura en pacientes sometidos a artroplastia a los que se les aplica un vendaje “en pulpo” (similar a la aplicación de (Liu et al. 2020)) pero sólo en el área vendada por la que no se hizo el abordaje quirúrgico, lo que justifican debido a la alteración vascular que se produce en la zona abordada durante el procedimiento quirúrgico (Windisch et al. 2017).

Sin embargo otro estudio, realizado sobre 60 mujeres, comparaba los termogramas obtenidos tras la aplicación bilateral en la región lumbar de un VNM detonificante frente a un vendaje placebo (grupo control) durante 4 días; el grupo placebo no mostró variaciones en ninguna de las mediciones pero en el grupo experimental se obtuvo un descenso de la temperatura tras la retirada del vendaje y un aumento de nuevo a los valores basales una hora después de su retirada (Slomka et al. 2018).

Nuestros resultados siguen la línea de este estudio, a pesar de que no obtuvimos grados de significancia estadística aceptables, si analizamos las medias obtenidas presentan este mismo patrón, con una disminución de la temperatura en M2 (24 horas tras la aplicación) que se recupera a los 15 minutos de haber retirado el vendaje (en el estudio citado transcurrió una hora). A diferencia del estudio citado, en el que el grupo placebo no mostraba variaciones en la temperatura, en nuestro caso los resultados fueron similares en ambos grupos (con y sin estiramiento del vendaje).

En otro estudio en el que evalúan las variaciones de temperatura en los segundos posteriores a la retirada del vendaje (10, 30 y 60 segundos), comparando un VNM con un esparadrapo común, obtienen descensos leves de la temperatura en el grupo vendado con VNM (Konieczny et al. 2012).

Los mecanismos fisiológicos responsables de estas variaciones no han sido formulados y requieren de un mayor estudio para poder comprenderlos y aplicar esta terapia en base a ellos.

Así como hemos citado estudios que detectan aumentos y disminuciones de temperatura tras colocar el vendaje o al retirarlo, otros, no observan variaciones de este parámetro (Ptak et al. 2011). En caballos, un estudio realizado aplicando un vendaje tipo “pulpo” en la región de la babilla tras ser sometidos a artroscopia, reveló un efecto positivo de eliminación del edema post-quirúrgico, pero en las determinaciones termográficas antes de la cirugía y a las 72 horas de ésta, la temperatura era similar en el grupo que recibió el vendaje frente al grupo control, por lo que los autores concluyen que no hay evidencia de variación en la temperatura como consecuencia del vendaje (Mattos et al. 2017). Estos resultados difieren de los obtenidos por Windisch y colaboradores en pacientes humanos sometidos a una artroplastia de rodilla (Windisch et al. 2017).

En dos estudios en fisioterapia humana, se utilizó la flujometría por LASER doppler para evaluar la perfusión del tejido sobre el cual se aplicaba el VNM, uno en el antebrazo utilizando tiras en “I” con la técnica de aumento de espacio y otro sobre el músculo gastrocnemio con una tira en “Y” y técnica detonificante; en ninguno de los dos obtuvieron un aumento de la circulación local (Stedje et al. 2012, Woodward et al. 2015). El primer estudio citado aplica la misma técnica utilizada en nuestro estudio y señala que es posible que los efectos observados por el Dr. Kase de aumento de temperatura se deban a la fricción que se debe realizar una vez pegado el vendaje para asegurar su adhesión a la piel, ya que, según señala el autor, éstos eran reportados minutos después tras su aplicación (Woodward et al. 2015).

Nuestra primera medición termográfica tras la aplicación del vendaje, la realizamos a los 60 minutos, así que no podemos descartar que exista un efecto sobre la circulación local tras la aplicación del vendaje que se disipe al cabo de unos minutos. Debido a que son varios los autores que describen estos efectos, minutos después de la aplicación, ya sea aumento (Liu et al. 2020), o disminución de la temperatura (Yang and Lee 2018, Konieczny et al. 2012), consideramos que sería necesario diseñar un método para la aplicación del vendaje sin friccionar sobre él que permitiera evaluar la perfusión local a los pocos minutos de haber sido colocado.

En caballos, los tiempos de normalización de la temperatura para una toma fiable de imágenes termográficas tras la manipulación de la piel, se estiman entre 39 y 60 minutos (Tunley and Henson 2004), por lo que tomar mediciones a los pocos minutos de haberlo aplicado podría modificar los termogramas, y es por esto que no incluimos una medición tan temprana en nuestro diseño.

En referencia a la zona donde se tomaron las mediciones de temperatura, en nuestro estudio las llevamos a cabo directamente sobre las apófisis espinosas, mediante un software del equipo de termografía que permite calcular la temperatura media de un área determinada sobre la imagen obtenida.

Evitamos incluir en el análisis el tejido muscular abaxial a las apófisis ya que se describen, en caballos sanos, temperaturas inferiores en la musculatura paravertebral respecto de la columna vertebral (von Schweinitz 1999, Tunley and Henson 2004) (**figura 61**).

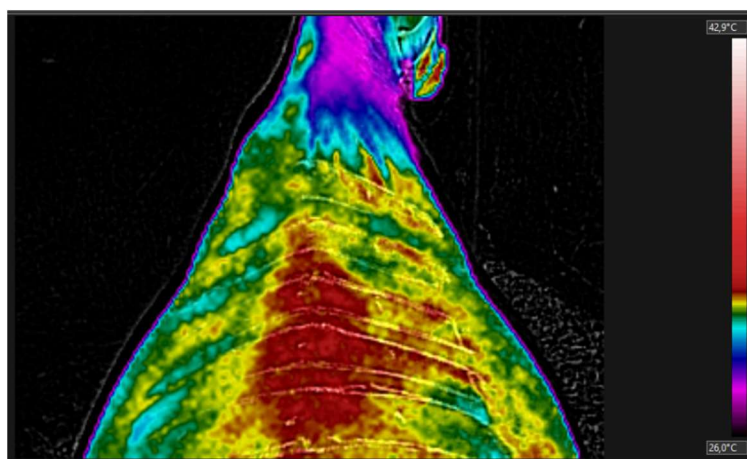


FIGURA 61. TERMOGRAFÍA QUE ILUSTR LA DETECCIÓN DE TEMPERATURAS MAYORES EN LA REGIÓN DE LA COLUMNA TORACOLUMBAR RESPECTO DE LA MUSCULATURA PARAVERTEBRAL EN CABALLOS SANOS.

Quizás, en base a la teoría que sostiene que las variaciones de temperatura se deben al gradiente de presión creado en el borde del vendaje (Liu et al. 2020), habría sido interesante evaluar también la temperatura en las áreas no musculares adyacentes al vendaje, esto es, sobre otras apófisis espinosas no vendadas o bien en los espacios interespinosos.

Un experimento realizado de manera previa (descrito en el capítulo de “Materiales y Método”), empleando una placa termostaticada, nos permitió constatar la capacidad del vendaje para adquirir en pocos segundos la temperatura exacta de la superficie sobre la que se adhiere. Esto nos permite afirmar que la presencia de vendaje no altera las mediciones de temperatura realizadas, como ya había sido evaluado en personas con el mismo resultado (Podnar and Bertsch 2013).

En estudios realizados con caballos inmovilizados con fibra de vidrio, se han detectado aumentos de temperatura por termografía en zonas inflamadas, a través de ésta (Levet et al. 2009); siendo el vendaje mucho más fino no cabría esperar que vaya a interferir en las mediciones termográficas.

Algunos autores, sin embargo, consideran que el vendaje aísla la piel tapada y no permite la correcta determinación de la temperatura, por lo que realizan sus

mediciones en zonas adyacentes al vendaje (Liu et al. 2020), o bien entre dos tiras (Racheniuk and al 2008).

Respecto a cuánto debe variar la temperatura entre un termograma y otro para considerar ese cambio como significativo, en la bibliografía se describe que las variaciones superiores a 1°C resultan indicativas de inflamación y posible patología (Turner 1991). En nuestros resultados, las variaciones estadísticamente significativas observadas en T12 al comparar el momento basal con M1, fueron inferiores a 1°C, concretamente de 0.89°C (T0%) y de 0.67°C (T50%); sin embargo, debemos tener en cuenta que el efecto evaluado en este caso no es la inflamación sino cierta vasodilatación, por lo que el aumento de temperatura esperado podría ser menor. En estudios realizados en personas con vendaje neuromuscular, se describen aumentos menores a 1°C tras la aplicación del vendaje y se consideran significativos (aumentos medios de 0.56°C (Liu et al. 2020)).

Tras todo lo expuesto, cabe señalar que para realizar una comparación fiable entre estudios realizados en humana y aquellos realizados en caballos, deberían tomarse en consideración las diferencias histológicas entre la piel de una especie y otra, así como las variaciones descritas en términos de grosor e irrigación en las distintas regiones de la piel del caballo, que pueden condicionar las comparaciones entre termogramas (Monteioriviere et al. 1990).

La elección del color del vendaje estuvo condicionada por la prueba termográfica; según el fabricante, los distintos colores de las vendas no suponen diferencias en sus características físicas, pero debido a las variaciones en la absorción y reflexión de la luz era necesario utilizar un único color, y se eligió el más claro para evitar una absorción excesiva de calor del medio.

Esta diferencia en la absorción de calor entre una superficie clara y una oscura ha sido constatada en animales realizando pruebas termográficas en cebras, donde se observan diferencias de temperatura de hasta 10°C entre las zonas blancas y las negras (McCafferty 2007) (**figura 62**). Estudios en humana también constatan estas variaciones al medir la temperatura superficial sobre tiras de vendaje de distinto color colocadas en un mismo sujeto (Racheniuk and al 2008).

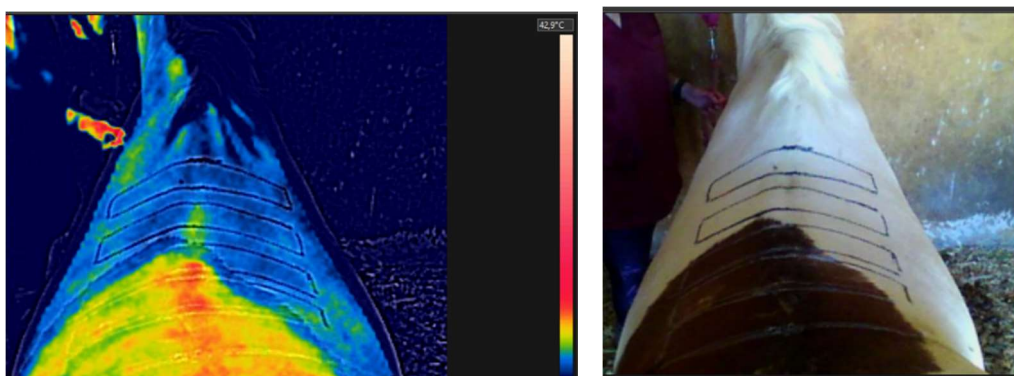


FIGURA 62. IMAGEN TERMOGRÁFICA DE UNO DE LOS CABALLOS DEL ESTUDIO DE CAPA PÍA QUE MUESTRA LAS DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ENTRE LAS ZONAS CLARAS Y OSCURAS DEL PELAJE.

Aunque en nuestro estudio utilizamos la termografía únicamente con el objetivo de valorar la circulación local, en medicina humana existen trabajos en los que utilizan esta técnica para evaluar la respuesta de dolor a determinados estímulos en base al aumento de temperatura local (Casas-Alvarado et al. 2020). En medicina veterinaria, donde la falta de verbalización limita la detección del dolor, consideramos que podría resultar de interés científico la evaluación de la temperatura de manera dinámica mientras se aplica un algómetro de presión.

I. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

Debido a que todas nuestras mediciones se llevaron a cabo en verano, siempre sobre la misma hora (por la mañana) y no pudieron realizarse en una sala con la temperatura controlada, analizamos una posible influencia de la temperatura ambiente sobre el valor de estas mediciones. Especialmente nos preocupaba una posible influencia en la comparativa M0-M1 ya que esas temperaturas se tomaban con una hora de diferencia, en una franja horaria del verano en la que la temperatura aumenta notablemente en las primeras horas del día según avanza la mañana.

Como ya se ha descrito, entre M0 y M1 obtuvimos aumentos en las mediciones de temperatura sobre todas apófisis espinosas, que en ningún caso sobrepasaron 1°C (0.17-0.89°C), pero en más del 50% fueron superiores a 0.55°C. La temperatura ambiente, en esta misma comparativa M0-M1 aumentó de media más de 1.5°C en ambas pruebas.

Consideramos que no se puede asumir que este incremento de temperatura fuera debido al aumento de la temperatura ambiente, ya que los incrementos de temperatura registrados sobre las apófisis cuando el vendaje se colocaba sin estiramiento (T0%) fueron marcadamente más notables que cuando se colocaba con estiramiento (T50%), mientras que la variación de temperatura ambiente en ambos casos es idéntica (aumento de temperatura ambiente entre M0 y M1 1.55°C).

Otro dato que apoya este hecho, es que en los casos en que se obtiene mayor aumento de temperatura ambiente entre dos momentos (fuera de la comparación M0-M1 que ya hemos comentado), no se producen apenas variaciones en las temperaturas registradas sobre las apófisis espinosas. En la prueba T50%, la media de aumento de temperatura ambiente entre el momento pre y el post 24h (M0-M2) es de 1.6°C, y si analizamos las variaciones de temperatura en las apófisis espinosas, ninguna de ellas registra un aumento de temperatura (todas disminuyen su temperatura en el M2 respecto del M0). El mismo caso ocurre en la prueba T50% cuando comparamos la temperatura en M3 con el momento basal (M0-M3), en el que la temperatura ambiente aumenta 1.51°C y sólo se registra un leve aumento de temperatura en T12 de 0.2°C (el resto de espinosas muestran una disminución de su temperatura).

E. CONSIDERACIONES REFERENTES AL VENDAJE NEURO MUSCULAR

I. GRADO DE ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE

Al cotejar las pruebas entre sí (con y sin estiramiento), tanto en el caso de los resultados del algómetro como en el caso de las evaluaciones termográficas, las diferencias entre sus medias en todas las comparativas (M0-M1 y M0-M3 para el algómetro y M0-M1, M0-M2 y M0-M3 para la termografía) no son marcadas y con escasa o nula relevancia estadística ($p > 0.05$). Así los resultados de nuestro estudio indican que estirar el vendaje antes de colocarlo (50% estiramiento) no produce un mayor beneficio analgésico o de aumento de temperatura local, frente a no hacerlo, en las condiciones evaluadas.

Nuestros resultados se encuentran en la misma línea que otros estudios de humana en los que observaron una mejora analgésica similar en aplicaciones con y sin estiramiento (Thelen et al. 2008, Macedo et al. 2019, Chang et al. 2012, Silva Parreira et al. 2014b).

Referente a la termografía, varios estudios comparan el efecto sobre la circulación local del VNM entre aplicaciones placebo y aplicaciones con circunvoluciones, sin observar diferencias significativas entre ambas (Stedge et al. 2012, Yang and Lee 2018, Miller et al. 2011); sin embargo Slomka y colaboradores, sí obtienen disminuciones en la temperatura en el grupo vendado con VNM respecto del grupo vendado con placebo, pero en este caso se trataba de un vendaje deportivo y no de un vendaje elástico (Slomka et al. 2018).

Cabe señalar que en nuestro estudio, en las pruebas con estiramiento, al retirar el vendaje, se produjeron cambios en la dirección del pelo sobre la zona activa (parte del vendaje que recibe estiramiento); sin embargo, en la zona de anclaje, el pelo no presentaba estos cambios, y se observaba una línea clara que diferenciaba un área de otra (**figura 63**), lo que indica que el estiramiento que imprimimos al vendaje se traduce en una tensión que, al menos, es transmitida al pelo.

El mecanismo exacto por el cual el vendaje neuromuscular produce sus efectos aún a día de hoy se basa en hipótesis (Paoloni et al. 2011, Thelen et al. 2008, Castro-Sanchez et al. 2012) y aunque no es el objetivo de esta investigación el estudio de las mismas, nuestros resultados pueden ser discutidos en base a alguna de ellas.

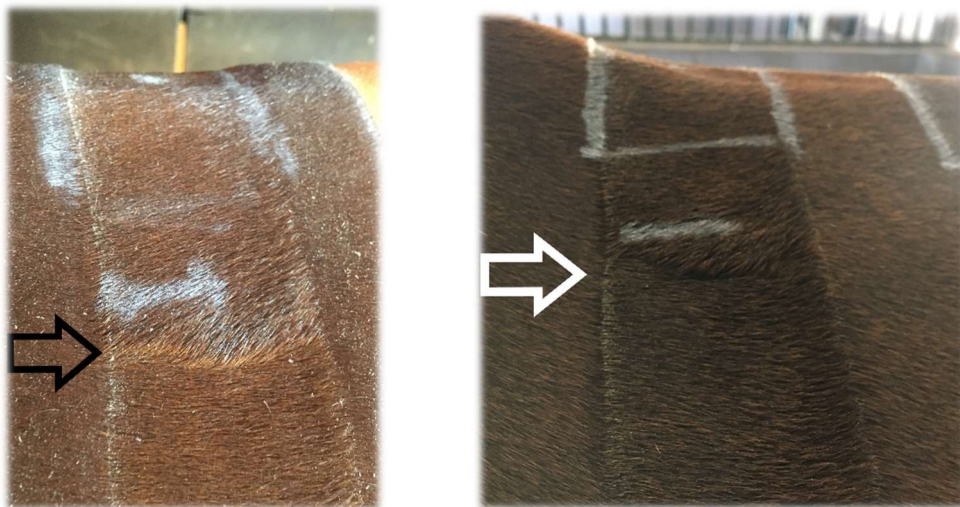


FIGURA 63. DIFERENCIA EN LA DIRECCIÓN DEL PELO OBSERVADA TRAS LA RETIRADA DEL VENDAJE EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%). LAS FLECHAS MARCAN EL LIMITE ENTRE LA ZONA ACTIVA DEL VENDAJE (CON ESTIRAMIENTO, ZONA SUPERIOR) Y LA ZONA DE ANCLAJE (SIN ESTIRAMIENTO, ZONA INFERIOR).

Eliminando un posible efecto placebo, no aplicable en animales, se sugiere como hipótesis que el vendaje genera un estímulo sobre los mecano receptores cutáneos capaz de desencadenar mecanismos de inhibición del dolor, como explica la teoría del “Gate Control” de Melzack y Wall (Paoloni et al. 2011, Macedo et al. 2019, Thelen et al. 2008). Esta teoría sostiene que el estímulo cutáneo activa vías nerviosas de alta velocidad cuya entrada en el sistema nervioso central se prioriza frente a la conducción de estímulos dolorosos, que se realiza a través de fibras nerviosas lentas.

Así, el estímulo del vendaje sobre la piel (independientemente de su estiramiento) podría ser suficiente para generar la respuesta analgésica (Velasco-Roldan et al. 2018); quizás en nuestro caso, al contar con caballos que no presentaban dolor en todas las apófisis estudiadas, el efecto de aumento de los MNT cesa una vez retirado éste (M3) ya que partíamos en la mayoría de las apófisis de MNT normales.

Otra hipótesis sobre sus efectos, propuesta por el creador de la técnica (Kase et al. 2003), se basa en la elevación de la piel que genera el vendaje tras su aplicación en estiramiento, creando circunvoluciones que disminuyen la presión sobre los nociceptores y mejoran la circulación sanguínea en la zona afectada (Chang et al. 2012, Molle 2016).

En nuestros resultados no obtenemos una diferencia significativa entre estirarlo y no estirarlo, en ninguno de los dos efectos (analgésico y circulatorio) lo que podría cuestionar la eficacia de la formación de estas circunvoluciones que también se plantean algunos autores (Silva Parreira et al. 2014b, Macedo et al. 2019). Sin embargo, otros estudios en humana sí describen mejoras del dolor y la funcionalidad cuando el vendaje es aplicado generando circunvoluciones frente al vendaje sin estiramiento, aunque los efectos observados presentaban escasa relevancia clínica

(Castro-Sanchez et al. 2012, Gonzalez-Iglesias et al. 2009). En nuestro caso la formación de estas circunvoluciones no sólo no ofrece mejores resultados sino que en M1 los aumentos de MNT y de temperatura respecto de M0 son menores en promedio en la prueba con estiramiento (T50%) respecto de la prueba sin estiramiento (T0%).

Respecto a sus efectos sobre el sistema circulatorio, según la hipótesis (ya explicada) lanzada por Liu y colaboradores (Liu et al. 2020), que sostiene que el gradiente de presión que se crea en los bordes del vendaje es el desencadenante de una acción mecánica sobre los vasos sanguíneos que generaría la vasodilatación, no requeriría de un estiramiento del vendaje para generar este efecto (a pesar de que el autor utiliza el estiramiento mínimo “paper off” en su estudio).

Cabe mencionar, que en el caso de los efectos a nivel dinámico (aumento de la movilidad de una región o de su estabilidad), a diferencia del efecto analgésico y circulatorio, sí se describen mayoritariamente cuando al vendaje se le imprime un estiramiento (Celenay and Kaya 2019, Macedo et al. 2019). Así que quizás el estiramiento de la venda cobra importancia en determinadas aplicaciones y no sería tan importante en otras.

Su aplicación en caballos, a nivel abdominal, estudiando su efecto sobre el movimiento de flexo-extensión del dorso, no obtuvo ninguna mejoría en este aspecto, pero en este caso el vendaje no había sido estirado el vendaje en ninguno de los animales estudiados; los autores señalan que el estímulo sensorial del vendaje previsiblemente se habría aumentado si éste hubiera sido estirado (Ericson et al. 2020).

El aumento de espacio que se crea al aplicar esta técnica, ha sido estudiado y constatado ecográficamente en individuos sanos, a nivel de la rodilla (articulación fémoro-rotuliana), con porcentajes de estiramiento del vendaje del 35% (Lyman et al. 2017); sin embargo, en este estudio, la evaluación ecográfica no pudo demostrar un aumento del espacio entre la piel y la rótula o entre la piel y el tendón rotuliano (tan sólo dentro de la articulación), lo que podría explicar que en determinadas áreas del cuerpo, donde no exista una cavidad sinovial subyacente (como en nuestro estudio), la técnica de apertura de espacio no actúe en base a este objetivo de aumento de espacio, sino que sus efectos respondan a su acción sobre los mecano receptores cutáneos, según la teoría del “Gate Control” ya descrita.

En cualquier caso, para apoyar la hipótesis de las circunvoluciones, serían necesarios más estudios que evaluaran el espacio creado por el vendaje, en zonas de menor movilidad cutánea y fascial (como la zona estudiada en nuestra investigación, donde la piel se encuentra más adherida a planos profundos que en una rodilla humana), sin cavidades sinoviales cercanas, y quizás con métodos más sensibles que la ecografía.

En esta línea, la resonancia magnética de alta resolución 3D fue utilizada para evaluar los efectos del VNM, aplicado con estiramiento (50%) sobre el músculo tibial anterior y tejidos adyacentes en personas sanas; se observó deformación tisular

inmediatamente después de su aplicación no sólo a nivel de la piel, fascia superficial y del músculo estudiado, sino también en otros tejidos adyacentes, aunque en menor medida (Pamuk and Yucesoy 2015). Estos estudios son indicativos de la capacidad que tiene el vendaje cuando se estira de generar cambios más allá de la piel y del tejido subcutáneo pero sería necesario incluir grupos control sin estiramiento del vendaje para evaluar si de este modo también se producen estos cambios.

A priori podríamos decir, que en base a nuestros resultados (escasamente diferentes entre la prueba con y sin estiramiento), el hecho de colocar la venda, podría ser suficiente para generar un efecto sobre los mecano receptores cutáneos independientemente del estiramiento que le imprimamos.

Respecto al porcentaje de estiramiento, la elección que hicimos y que pudo influir en los resultados, se basó en las indicaciones de los textos del Dr. Kenzo Kase para la técnica de aumento de espacio (“space correction lifting”), en la que recomienda un estiramiento del 25-50% (Kase et al. 2003). Nuestra elección del porcentaje mayor de estiramiento dentro del límite recomendado (50%) se hizo pensando en que el efecto podría ser mayor y diferir de manera significativa del grupo control sin estiramiento.

Aunque algunos autores describen el porcentaje de estiramiento en base a la longitud máxima de la venda estirada (Woodward et al. 2015), en el presente estudio fue medido en base a su longitud basal sin estiramiento, como se recomienda para técnicas que se apliquen con un estiramiento igual o superior al 50% (Golab et al. 2017).

La decisión de medir en base a la longitud basal también se debió a la confusión existente entre diversos textos a la hora de definir la elasticidad máxima del vendaje, con variaciones entre el 30% (Calero Saa and Cañón Martínez 2012) y el 140% (Molle 2016, Wu et al. 2015, Kalron and Bar-Sela 2013, Kase 2000), y a las comparativas hechas entre distintas marcas, que evidencian capacidades elásticas máximas muy variables, de entre el 60 y el 110% (Golab et al. 2017).

A pesar de que se utilizó venda de una misma marca y color, la medición en base a la longitud basal eliminaba posibles variaciones entre vendas de distintos lotes y facilita una posible comparativa entre estudios realizados con otras marcas de vendaje.

Los experimentos que llevamos a cabo antes de la ejecución del estudio, arrojaron interesante información respecto a las cualidades físicas de las vendas y a la descripción de sus características, que deben ser tenidos en cuenta cuando se trabaja con estos materiales. Observamos que las condiciones de pre-estiramiento del 10% (en su adhesión al papel) descritas por el fabricante (THYSOL GROUP) así como en distintos textos (Kase 2000, Ettl 2017), no corresponden al pre-estiramiento real del 3% observado, hecho que también corroboran otros autores en un estudio realizado con otras 5 marcas de vendaje (Golab et al. 2017). Respecto al estiramiento máximo, obtuvimos aproximadamente un 70% de estiramiento respecto de su longitud basal; varios textos en caballos (Molle 2016, Ettl 2017), así

como el creador de la técnica (Kase 2000), describen su capacidad elástica como de un 140% de su longitud original, sin detallar cómo realizan este cálculo. Uno de los autores citados (Ettl 2017) utiliza en su texto la misma marca de vendaje empleada en nuestro estudio.

Estos resultados nos indican la necesidad de evaluar las características físicas de las vendas que se empleen en los estudios, especialmente las condiciones de pre-estiramiento y la elasticidad máxima. En nuestro caso un pre-estiramiento del 3% resulta mínimo y puede despreciarse pero con vendas que presenten porcentajes mayores, éstos deben ser tenidos en cuenta a la hora de calcular el estiramiento que se va a imprimir al vendaje.

En nuestra opinión, para poder estandarizar los resultados y comparar estudios entre sí, además de que deberían realizarse con la misma marca de vendaje o con marcas de características similares, resulta de gran importancia medir con exactitud y de manera objetiva el estiramiento que se está imprimiendo al vendaje. Son pocos los estudios publicados que describen un método objetivo de medición de este porcentaje de estiramiento a la hora de aplicar el vendaje (Woodward et al. 2015), muchos de ellos aplican el vendaje con un estiramiento que se denomina “paper off” y que se refiere al pre-estiramiento que la venda tiene sobre el papel, asumiendo que éste es de un 10-15% (Velasco-Roldan et al. 2018, Silva Parreira et al. 2014b, Thelen et al. 2008, Gonzalez-Iglesias et al. 2009); sin embargo hemos podido constatar y está descrito (Golab et al. 2017) que no todas las vendas comerciales se encuentra pre-estiradas dentro de ese rango, por lo que asumir ese porcentaje puede llevar a errores en la aplicación de la técnica.

II. DURABILIDAD Y TOLERANCIA AL VENDAJE

Respecto a la durabilidad del vendaje, a las 24 horas de aplicado en todos los caballos, el vendaje no se había despegado en su parte central (parte activa). A pesar de que los extremos del vendaje (10 cm por cada lado), fueron considerados anclajes y por lo tanto se adherían a la piel sin ser estirados (0%), en la prueba con estiramiento (50%) observamos que el 53% de los caballos presentaban algún anclaje despegado a las 24 horas de haber sido colocado (**figura 64**). Esto nos indica, que a pesar de que sobre los anclajes no se ejerzan fuerzas de tensión, el estiramiento ejercido en la parte activa del vendaje repercute sobre éstos.



FIGURA 64. ESTADO DE LOS ANCLAJES EN UNO DE LOS INDIVIDUOS 24 HORAS TRAS LA APLICACIÓN DEL VENDAJE EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

En nuestro estudio no se observó ninguna reacción en la piel de los caballos tras la retirada del vendaje. Ninguno de los estudios publicados en caballos en los que se utiliza vendaje neuromuscular (Ericson et al. 2020, Zellner et al. 2017, Mattos et al. 2017) o vendaje funcional (Ramon et al. 2004), reportan reacciones adversas en la piel de los caballos como respuesta a la colocación del vendaje. Los reportes de reacciones alérgicas en personas tras la aplicación de VNM son escasos y mejoran sin necesidad de tratamiento una vez retirado éste (Chang et al. 2018).

F. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Una de las limitaciones de este estudio pudo ser la presencia de pelo, ya que aunque se realizó durante el verano y todos los caballos presentaban una longitud inferior a 1cm, no fueron esquilados para simular las condiciones habituales de colocación. Así la venda quedó adherida sobre el pelo y no directamente sobre la piel como recomienda el creador de la técnica (Kase 2000, Kase et al. 2003) (**figura 65**). La presencia de pelo no sería un limitante en la técnica de termografía ya que éste era corto y uniforme (Turner 1991).



FIGURA 65. ADHESIÓN DE LA VENDA AL PELO DEL CABALLO.

Otros posibles factores limitantes fueron el hecho de que los caballos no presentaban dolor en todas las apófisis espinosas medidas, que las mediciones se realizaron en un período de tiempo corto tras una sola aplicación y que las imágenes termográficas se centraron sólo en la parte activa y central del vendaje.

Nuestro estudio es, hasta la fecha, el único realizado con el objetivo de evaluar el efecto del VNM sobre el dorso del caballo aplicando la técnica de aumento de espacio. Son pocos los estudios publicados referentes al uso de este vendaje en caballos, sin embargo, su uso se extiende cada vez más entre los profesionales del campo de la fisioterapia equina.

Debido a las diferencias entre la aplicación en personas y en el caballo, a menudo resulta difícil extrapolar resultados obtenidos en fisioterapia humana y aplicarlos al campo veterinario, por lo que existe una necesidad creciente de contar con estudios científicos que expliquen sus efectos y avalen su eficacia en el campo de la fisioterapia equina.

Las dolencias que afectan al dorso constituyen una de las entidades clínicas cuyo tratamiento es con más frecuencia enfocado desde un abordaje fisioterapéutico; por ende, ya que el uso del VNM en esta región del caballo es habitual, consideramos importante el desarrollo de un mayor número de investigaciones en esta línea. Este estudio es un trabajo preliminar en el que hemos querido analizar algunos parámetros que se describen en la bibliografía como efectos del VNM, y confiamos en que sea una base para el desarrollo futuro de más estudios que valoren otros efectos, en otras aplicaciones (vendaje fascial, detonificante...) y en distintas patologías que afecten a la región toraco-lumbar del caballo.

8. CONCLUSIONES

1. La aplicación de vendaje neuromuscular sobre las apófisis espinosas de la región torácica y lumbar del caballo produce un aumento de los umbrales nociceptivos mecánicos a los 60 minutos de haberse aplicado, es decir, genera un efecto analgésico sobre dichas apófisis.
2. Este efecto analgésico, medido en términos de aumento del umbral nociceptivo mecánico, no se mantiene tras la retirada del vendaje a las 24 horas de su aplicación; sin embargo la evaluación clínica de los caballos tras la aplicación del vendaje muestra una notable mejoría de la sensibilidad a la palpación sobre las apófisis estudiadas.
3. Este efecto se produce cuando el vendaje se coloca en base a las directrices de la técnica de “aumento de espacio” y también cuando no se imprime estiramiento al mismo (el efecto es mayor en este caso), por lo que no se obtiene un efecto más evidente derivado del estiramiento de la venda al momento de la aplicación.
4. La técnica de algometría de presión aplicada sobre la columna toraco-lumbar del caballo es bien tolerada por la mayoría de animales y presenta una buena repetibilidad bajo las condiciones de uso descritas en este estudio.
5. La aplicación de vendaje neuromuscular sobre las apófisis espinosas de la región toraco-lumbar del caballo no produce modificaciones significativas en la temperatura local ni a los 60 minutos ni a las 24 horas de haberse aplicado, en ninguna de las dos condiciones evaluadas (vendaje con y sin estiramiento).
6. Las características físicas que presentan los distintos tipos de vendas no son en todos los casos las descritas en la bibliografía, por lo que, tanto a la hora de investigar como en la práctica clínica, es necesario evaluar las características de la venda utilizada.
7. Los caballos presentan buena tolerancia al vendaje neuromuscular y su durabilidad es adecuada en las condiciones estudiadas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Agüera, E. & J. Sandoval. (1999). Anatomía aplicada del caballo. Madrid. Elsevier España.
- Allen, K., S. Johns, S. Hyman, M. Sislak, S. Davis & J. Amory. (2010). How to diagnose and treat back pain in the horse. 56, 384-388. Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.
- Artioli, D. P. & G. R. F. Bertolini (2014). Kinesio taping: application and results on pain: systematic review. Fisioterapia e Pesquisa, 21, 94-99.
- Ashley, F. H., A. E. Waterman-Pearson & H. R. Whay (2005). Behavioural assessment of pain in horses and donkeys: application to clinical practice and future studies. Equine Veterinary Journal, 37, 565-575.
- Aytar, A., N. Ozunlu, O. Surenkok, G. Baltaci, P. Oztop & M. Karatas (2011). Initial effects of kinesio taping in patients with patellofemoral pain syndrome: A randomized, double-blind study. Isokinetics and Exercise Science, 19, 135-142.
- Azatcam, G., N. S. Atalay, N. Akkaya, F. Sahin, S. Aksoy, O. Zincir & O. Topuz (2017). Comparison of effectiveness of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Kinesio Taping added to exercises in patients with myofascial pain syndrome. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 30, 291-298.
- Bialoszewski, D., W. Wozniak & S. Zarek (2009). Clinical efficacy of kinesiology taping in reducing edema of the lower limbs in patients treated with the ilizarov method--preliminary report. Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja, 11, 46-54.
- Biermann, N. M., N. Rindler & H. H. F. Buchner (2014). The Effect of Pulsed Electromagnetic Fields on Back Pain in Polo Ponies Evaluated by Pressure Algometry and Flexion Testing-A Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Trial. Journal of Equine Veterinary Science, 34, 500-507.
- Blow, D. L. (2012). Neuromuscular taping: from theory to practice. Edi-Hermes.
- Bridges, T. & C. Bridges. (2018). Kinesiotaping: pruebas musculares y aplicaciones de taping. México. Ed. Paidotribo.
- Bromiley, M. W. (1999). Physical therapy for the equine back. Veterinary Clinics of North America-Equine Practice, 15, 223-246.
- Burns, G., A. Dart & L. Jeffcott (2018). Clinical progress in the diagnosis of thoracolumbar problems in horses. Equine Veterinary Education, 30, 477-485.
- Cai, C., I. P. H. Au, W. An & R. T. H. Cheung (2016). Facilitatory and inhibitory effects of Kinesio tape: Fact or fad? Journal of Science and Medicine in Sport, 19, 109-112.

Calero Saa, P. A. & G. A. Cañón Martínez (2012). Neuromuscular dressing effects: a literature review. *Revista Ciencias de la Salud*, 10, 273-284.

Campolo, M., J. Babu, K. Dmochowska, S. Scariah & J. Varughese (2013). A comparison of two taping techniques (kinesio and mcconnell) and their effect on anterior knee pain during functional activities. *International journal of sports physical therapy*, 8, 105-10.

Casas-Alvarado, A., D. Mota-Rojas, I. Hernandez-Avalos, P. Mora-Medina, A. Olmos-Hernandez, A. Verduzco-Mendoza, B. Reyes-Sotelo & J. Martinez-Burnes (2020). Advances in infrared thermography: Surgical aspects, vascular changes, and pain monitoring in veterinary medicine. *Journal of thermal biology*, 92, 102664.

Castro-Sanchez, A. M., I. C. Lara-Palomo, G. A. Mataran-Penarrocha, M. Fernandez-Sanchez, N. Sanchez-Labraca & M. Arroyo-Morales (2012). Kinesio Taping reduces disability and pain slightly in chronic non-specific low back pain: a randomised trial (vol 58, pg 89, 2012). *Journal of Physiotherapy*, 58, 89-95.

Cauvin, E. (1997) Assessment of back pain in horses. *In Practice*, 19, 522-533.

Celenay, S. T. & D. O. Kaya (2019). Immediate effects of kinesio taping on pain and postural stability in patients with chronic low back pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23, 206-210.

Chambers, J. P., A. Livingston & A. E. Waterman (1990). A device for testing nociceptive thresholds in horses. *J. Ass. Vet. Anaesth.*, 17, 42-44.

Chambers, J. P., A. E. Waterman & A. Livingston (1994). Further development of equipment to measure nociceptive thresholds in large animals. *J. Ass. Vet. Anaesth.*, 21, 66-72.

Chang, H. Y., C. H. Wang, K. Y. Chou & S. C. Cheng (2012). Could Forearm Kinesio Taping Improve Strength, Force Sense, and Pain in Baseball Pitchers With Medial Epicondylitis? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22, 327-333.

Chang, N. J., W. Chou, P. C. Hsiao, W. D. Chang & Y. M. Lo (2018). Acute effects of Kinesio taping on pain, disability and back extensor muscle endurance in patients with low back pain caused by magnetic resonance imaging-confirmed lumbar disc degeneration. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 31, 85-93.

Clayton, H. M. & N. C. Stubbs (2016). Enthesophytosis and Impingement of the Dorsal Spinous Processes in the Equine Thoracolumbar Spine. *Journal of Equine Veterinary Science*, 47, 9-15.

Coleman, K. D., C. W. Schmiedt, K. A. Kirkby, A. E. Coleman, S. A. Robertson, J. Hash & B. D. X. Lascelles (2014). Learning Confounds Algometric Assessment of Mechanical Thresholds in Normal Dogs. *Veterinary Surgery*, 43, 361-367.

Coudry, V., D. Thibaud, B. Riccio, F. Audigie, D. Didierlaurent & J.-M. Denoix (2007). Efficacy of tiludronate in the treatment of horses with signs of pain associated with osteoarthritic lesions of the thoracolumbar vertebral column. *American Journal of Veterinary Research*, 68, 329-337.

Cousty, M., C. Retureau, C. Tricaud, O. Geffroy & S. Caure (2010). Location of radiological lesions of the thoracolumbar column in French trotters with and without signs of back pain. *Veterinary Record*, 166, 41-45.

Daglish, J. & K. R. Mama (2016). Pain Its Diagnosis and Management in the Rehabilitation of Horses. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 32, 13-29.

De Heus, P., G. Van Oossanen, M. C. Van Dierendonck & W. Back (2010). A Pressure Algometer Is a Useful Tool to Objectively Monitor the Effect of Diagnostic Palpation by a Physiotherapist in Warmblood Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 30, 310-321.

DeLeo, J. A. (2006). Basic science of pain. *Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 88A, 58-62.

Denoix, J. M. D. (1999). Spinal biomechanics and functional anatomy. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 15, 27-60.

Denoix, J.M., Pailloux, J. P. (2001). *Physical therapy and massage for the horse*. Manson Publishing LTD.

Dixon, M. J., P. M. Taylor, L. Slingsby, M. V. Hoffmann, S. B. R. Kaestner & J. Murrell (2010). A small, silent, low friction, linear actuator for mechanical nociceptive testing in veterinary research. *Laboratory Animals*, 44, 247-253.

Duan, G., G. Xiang, X. Zhang, S. Guo & Y. Zhang (2014). An Improvement of Mechanical Pain Sensitivity Measurement Method: The Smaller Sized Probes may Detect Heterogeneous Sensory Threshold in Healthy Male Subjects. *Pain Medicine*, 15, 272-280.

Dyson, S., J. Berger, A. D. Ellis & J. Mullard (2018). Development of an ethogram for a pain scoring system in ridden horses and its application to determine the presence of musculoskeletal pain. *Journal of Veterinary Behavior-Clinical Applications and Research*, 23, 47-57.

Eddy, A. L., L. M. Van Hoogmoed & J. R. Snyder (2001). The role of thermography in the management of equine lameness. *Veterinary Journal*, 162, 172-181.

Ehrle, A., L. Ressel, E. Ricci & E. R. Singer (2017). Structure and Innervation of the Equine Supraspinous and Interspinous Ligaments. *Anatomia Histologia Embryologia*, 46, 223-231.

Ericson, C., P. Stenfeldt, A. Hardeman & I. Jacobson (2020). The Effect of Kinesiotape on Flexion-Extension of the Thoracolumbar Back in Horses at Trot. *Animals* : an open access journal from MDPI, 10.

Espejo, L. & M. D. Apolo (2011). Revisión bibliográfica de la efectividad del kinesiotaping. *Rehabilitación*, 45, 148-158.

Ettl, R. (2017). Kinesiology taping for horses. Relieve pain-optimize movement. The Netherlands: Thysol Group BV.

Fernández Rodríguez, J. M., L. M. Alegre Durán, J. Abián Vicén, R. Carcelén Cobo & X. Aguado Jódar (2010). Vendaje neuromuscular: ¿tienen todas las vendas las mismas propiedades mecánicas? *Apunts Med Esport*. DOI:10.1016/j.apunts.2009.11.001.

Fischer, A. A. (1986). Pressure threshold meter - its use for quantification of tender spots. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67, 836-838.

Fischer, A. A. (1987). Pressure algometry over normal muscles - standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. *Pain*, 30, 115-126.

Fischer, A. A. (1997). Algometry in the daily practice of pain management. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 8, 151-158.

Fischer, A. A. (1998). Algometry in diagnosis of musculoskeletal pain and evaluation of treatment outcome: An update. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 6, 5-32.

Fischer, A. A. & C. Chang (1986). Temperature and pressure threshold measurements in trigger points. *Thermology*, 1, 212-215.

Fonseca, B. P. A., A. L. G. Alves, J. L. M. Nicoletti, A. Thornassian, C. A. Hussni & S. Mikail (2006). Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *Journal of Equine Veterinary Science*, 26, 507-516.

Fureix, C., H. Menguy & M. Hausberger (2010). Partners with Bad Temper: Reject or Cure? A Study of Chronic Pain and Aggression in Horses. *Plos One*, 5.

Garcia-Lopez, J. M. (2018). Neck, Back, and Pelvic Pain in Sport Horses. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 34, 235-251.

Girodroux, M., S. Dyson & R. Murray (2009). Osteoarthritis of the thoracolumbar synovial intervertebral articulations: Clinical and radiographic features in 77 horses with poor performance and back pain. *Equine Veterinary Journal*, 41, 130-138.

Gleerup, K. B., B. Forkman, C. Lindegaard & P. H. Andersen (2015). An equine pain face. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 42, 103-114.

Gleerup, K. B. & C. Lindegaard (2016). Recognition and quantification of pain in horses: A tutorial review. *Equine Veterinary Education*, 28, 47-57.

Goff, L. (2016). Physiotherapy Assessment for the Equine Athlete. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 32, 31-47.

Golab, A., M. Kulesa-Mrowiecka & M. Golab (2017). Comparative studies of physical properties of kinesiotapes. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 28, 457-462.

Gomez-Soriano, J., J. Abian-Vicen, C. Aparicio-Garcia, P. Ruiz-Lazaro, C. Simon-Martinez, E. Bravo-Esteban & J. Manuel Fernandez-Rodriuez (2014). The effect of kinesio taping on muscle tone in healthy subjects: A double-blind, placebo-controlled crossover trial (vol 19, pg 131, 2014). *Manual Therapy*, 19, 508-508.

Gonzalez-Iglesias, J., C. Fernandez-de-las-Penas, J. Cleland, P. Huijbregts & M. D. Gutierrez-Vega (2009). Short-Term Effects of Cervical Kinesio Taping on Pain and Cervical Range of Motion in Patients With Acute Whiplash Injury: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39, 515-521.

Harman, J. (1999). Tack and saddle fit. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 15, 247-261.

Hashemirad, F., N. Karimi & R. Keshavarz (2016). The effect of Kinesio taping technique on trigger points of the piriformis muscle. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 20, 807-814.

Hausler, K. K. (1999). Anatomy of the thoracolumbar vertebral region. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 15, 13-26.

Hausler, K. K., T. H. Behre & A. E. Hill (2008). Mechanical nociceptive thresholds within the pastern region of Tennessee Walking Horses. *Equine Veterinary Journal*, 40, 455-459.

Hausler, K. K. & H. N. Erb. (2003). Pressure algometry: objective assessment of back pain and effects of chiropractic treatment. 66-70. Lexington: American Association of Equine Practitioners (AAEP).

Hausler, K. K. & H. N. Erb (2006a). Mechanical nociceptive thresholds in the axial skeleton of horses. *Equine Veterinary Journal*, 38, 70-75.

Hausler, K. K. & H. N. Erb (2006b). Pressure algometry for the detection of induced back pain in horses: a preliminary study. *Equine Veterinary Journal*, 38, 76-81.

Hausler, K. K., A. E. Hill, D. D. Frisbie & C. W. McIlwraith (2007) Determination and use of mechanical nociceptive thresholds of the thoracic limb to assess pain associated with induced osteoarthritis of the middle carpal joint in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 68, 1167-1176.

Hausler, K. K., S. M. Stover & N. H. Willits (1997). Developmental variation in lumbosacropelvic anatomy of Thoroughbred racehorses. *American Journal of Veterinary Research*, 58, 1083-1091.

Henson, F. & J. Kidd. (2009). In *Equine Back Pathology. Diagnosis and treatment.*, ed. F. M. D. Henson, 147-156. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.

Ingber, D. E. (2008). Tensegrity and mechanotransduction. *Journal of bodywork and movement therapies*, 12, 198-200.

Jeffcott, L. B. (1979.) Radiographic features of the normal equine thoracolumbar spine. *Veterinary Radiology*, 20, 140-147.

Jeffcott, L. B. (1980) Disorders of the thoracolumbar spine of the horse - a survey of 443 cases. *Equine Veterinary Journal*, 12, 197-210.

Jeffcott, L. B. (2009). *Equine Back Pathology, diagnosis and treatment* (Henson, F. M. D.). Wiley-Blackwell.

Jeffcott, L. B. & K. Haussler. (2004). Back and pelvis. En: *Equine Sports Medicine and Surgery*. KW Hinchcliff, AJ Kaneps, RJ Geor (Eds). USA: WB Saunders.

Jensen, K., H. O. Andersen, J. Olesen & U. Lindblom (1986). Pressure-pain threshold in human temporal region - evaluation of a new pressure algometer. *Pain*, 25, 313-323.

Johnston, C., K. Holmt, M. Faber, C. Erichsen, P. Eksell & S. Drevemo (2002). Effect of conformational aspects on the movement of the equine back. *Equine veterinary journal. Supplement*, 314-8.

Kalron, A. & S. Bar-Sela (2013). A systematic review, of the effectiveness of Kinesio Taping (R) - Fact or fashion? *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 49, 699-709.

Kaneps, A. J. (2016). *Practical Rehabilitation and Physical Therapy for the General Equine Practitioner*. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 32, 167-180.

Kase, K. (2000). *Illustrated kinesio taping*. Tokyo, japan. Ken'i Kai information.

Kase, K., H. Tatsuyuki & O. Tomoko. (1996). *Kinesio taping perfect manual*. Kinesio Taping Association.

Kase, K., J. Wallis & T. Kase. (2003). *Clinical therapeutic applications of the kinesio taping method*. Tokyo, Japan: Ken Ikai Co LTD.

Kavlak, B., Y. Bakar & Z. Sari (2012). Investigation of the Efficacy of Different Physiotherapy Methods for Neck Pain. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 20, 284-291.

Keating, L., C. Lubke, V. Powell, T. Young, T. Souvlis & G. Jull (2001). Mid-thoracic tenderness: a comparison of pressure pain threshold between spinal regions, in asymptomatic subjects. *Manual Therapy*, 6, 34-39.

Keegan, K. G. (2007). Evidence-based lameness detection and quantification. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 23, 403-+.

Kim, H. & B. Lee (2013). The Effects of Kinesio Tape on Isokinetic Muscular Function of Horse Racing Jockeys. *Journal of Physical Therapy Science*, 25, 1273-1277.

Konieczny, G., M. Soroko, A. Ptak & N. Kuciel (2012). The changes of the superficial body temperature after short-term application and removal of elastic tape used in kinesiotaping. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica*, 18, 182-185.

Kosek, E., J. Ekholm & P. Hansson (1996). Increased pressure pain sensibility in fibromyalgia patients is located deep to the skin but not restricted to muscle tissue (vol 63, pg 335, 1995). *Pain*, 64, 605-605.

Kosek, E. (1999). Pressure pain thresholds in different tissues in one body region - The influence of skin sensitivity in pressure algometry. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 31, 89-93.

Kosek, E., J. Ekholm & R. Nordemar (1993). A comparison of pressure pain thresholds in different tissues and body regions - long-term reliability of pressure algometry in healthy-volunteers. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 25, 117-124.

Kramer, M. S. & A. R. Feinstein (1981). Clinical biostatistics .54. the biostatistics of concordance. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 29, 111-123.

Kuo, Y.-L. & Y.-C. Huang (2013). Effects of the Application Direction of Kinesio Taping on Isometric Muscle Strength of the Wrist and Fingers of Healthy Adults - A Pilot Study. *Journal of Physical Therapy Science*, 25, 287-291.

König, H. E. & H. G. Liebich. 2014. *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals*. Schattauer.

Lamas, L. & M. Head. (2009). In: *Equine Back Pathology. Diagnosis and treatment*. Frances MD Henson (Ed). UK: Blackwell Publishing LTD.

Le Bars, D., M. Gozariu & S. W. Cadden (2001). Animal models of nociception. *Pharmacological Reviews*, 53, 597-652.

Lesimple, C., C. Fureix, V. Biquand & M. Hausberger (2013). Comparison of clinical examinations of back disorders and humans' evaluation of back pain in riding school horses. *Bmc Veterinary Research*, 9.

Levet, T., A. Martens, L. Devisscher, L. Duchateau, L. Bogaert & L. Vlaminck (2009). Distal limb cast sores in horses: Risk factors and early detection using thermography. *Equine Veterinary Journal*, 41, 18-23.

List, T., M. Helkimo & R. Karlsson (1991) Influence of pressure rates on the reliability of a pressure threshold meter. *Journal of craniomandibular disorders : facial & oral pain*, 5, 173-8.

Liu, L., J. Lu, Y. Chen, J. Wei, X. F. Zhang & B. B. Wang (2019). Evidence for Kinesio Taping in Management of Myofascial Pain Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51, 861-862.

Liu, K., Z. Duan, L. Chen, Z. Wen, S. Zhu, Q. Qu, W. Chen, S. Zhang & B. Yu (2020). Short-Term Effect of Different Taping Methods on Local Skin Temperature in Healthy Adults. *Frontiers in Physiology*, 11.

Love, E. J., J. Murrell & H. R. Whay (2011). Thermal and mechanical nociceptive threshold testing in horses: a review. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 38, 3-14.

Love, T. J. (1980). Thermography as an indicator of blood perfusion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 335, 429-37.

Lumpkin, E. A. & M. J. Caterina (2007). Mechanisms of sensory transduction in the skin. *Nature*, 445, 858-865.

Luna, S. P. L., C. Lopes, A. C. Rosa, F. A. Oliveira, N. Crosignani, P. M. Taylor & J. C. Pantoja (2015). Validation of mechanical, electrical and thermal nociceptive stimulation methods in horses. *Equine Veterinary Journal*, 47, 609-614.

Lyman, K. J., K. Keister, K. Gange, C. D. Mellinger & T. A. Hanson (2017). Investigating the effectiveness of kinesio (r) taping space correction method in healthy adults on patellofemoral joint and subcutaneous space. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12, 250-257.

Macedo, L. D., J. Richards, D. T. Borges, S. A. Melo & J. S. Brasileiro (2019). Kinesio Taping reduces pain and improves disability in low back pain patients: a randomised controlled trial. *Physiotherapy*, 105, 65-75.

Marks, D. (1999). Medical management of back pain. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 15, 179-194.

Martin, B. B. & A. M. Klide (1999). Physical examination of horses with back pain. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 15, 61-70.

Mattos, L. H. L., A. L. M. Yamada, V. H. dos Santos, C. A. Hussni, C. A. Rodrigues, M. J. Watanabe & A. L. G. Alves (2017). Treatment With Therapeutic Bandages to Control Equine Postarthroscopic Tibio-Patellofemoral Swelling. *Journal of Equine Veterinary Science*, 54, 87-92.

McCafferty, D. J. (2007). The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Review*, 37, 207-223.

McGlone, F. & D. Reilly (2010). The cutaneous sensory system. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34, 148-159.

Meehan, L., S. Dyson & R. Murray (2009). Radiographic and scintigraphic evaluation of spondylosis in the equine thoracolumbar spine: A retrospective study. *Equine Veterinary Journal*, 41, 800-807.

Melzack, R. & P. D. Wall (1965). Pain mechanisms - a new theory. *Science*, 150, 971-979.

Menke, E. S., G. Blom, J. van Loon & W. Back (2016). Pressure Algometry in Icelandic Horses: Interexaminer and Intraexaminer Reliability. *Journal of Equine Veterinary Science*, 36, 26-31.

Mikail, S. e. a., p. c. M. (2019). Correction of angular limb deformities in foals using kinesiology taping. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61.

Miller, M. G., R. Klawon, M. Lininger, C. Cheatham & T. Michael (2011). A Preliminary Investigation Into the Effect of Kinesio and Athletic Tape on Skin Blood Flow Changes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, S57-S58.

Mohamadi, M., S. Piroozi, I. Rashidi & S. Hosseinifard (2017). Friction massage versus kinesiotopeing for short-term management of latent trigger points in the upper trapezius: a randomized controlled trial. *Chiropractic & Manual Therapies*, 25.

Molle, S. (2016). Kinesio Taping Fundamentals for the Equine Athlete. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 32, 103-+.

Molle, S., D. Ruggeri & M. D'Omofrio. (2012). Use of kinesio taping for the treatment of sacroiliac joint dysfunction in the horse: 7 cases. In 7th IAVRPT Symposium. Viena.

Monteiroriviere, N. A., D. G. Bristol, T. O. Manning, R. A. Rogers & J. E. Riviere (1990). Interspecies and interregional analysis of the comparative histologic thickness and laser doppler blood-flow measurements at 5 cutaneous sites in 9 species. *Journal of Investigative Dermatology*, 95, 582-586.

Muir, W. W. (2005). Pain therapy in horses. *Equine Veterinary Journal*, 37, 98-100.

Munroe, G. A. (2009). In: *Equine Back Pathology. Diagnosis and treatment*. Frances MD Henson (Ed). UK: Blackwell Publishing LTD.

Nankervis, K. J., P. Finney & L. Launder (2016). Water depth modifies back kinematics of horses during water treadmill exercise. *Equine Veterinary Journal*, 48, 732-736.

Nussbaum, E. L. & L. Downes (1998). Reliability of clinical pressure-pain algometric measurements obtained on consecutive days. *Physical Therapy*, 78, 160-169.

Ohrbach, R. & E. N. Gale (1989). Pressure pain thresholds in normal muscles - reliability, measurement effects, and topographic differences. *Pain*, 37, 257-263.

Pamuk, U. & C. A. Yucesoy (2015). MRI analyses show that kinesio taping affects much more than just the targeted superficial tissues and causes heterogeneous deformations within the whole limb. *Journal of Biomechanics*, 48, 4262-4270.

Paoloni, M., A. Bernetti, G. Fratocchi, M. Mangone, L. Parrinello, M. D. Cooper, L. Sesto, L. Di Sante & V. Santilli (2011). Kinesio Taping applied to lumbar muscles influences clinical and electromyographic characteristics in chronic low back pain patients. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 47, 237-244.

Podnar, M. & M. A. Bertsch. (2013). Infrared thermography as diagnostic tool for physiotherapeutic taping support of musicians. In *International Symposium on Performance Science*.

Pongratz, U. & T. Licka (2017). Algometry to measure pain threshold in the horse's back - An in vivo and in vitro study. *Bmc Veterinary Research*, 13.

Ptak, A., G. Konieczny, A. Debiec-Bak & N. Kuciel (2011). The influence of kinesiology taping on the temperature distribution within the rectus abdominis muscle area - preliminary report. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica*, 3, 191-193.

Racheniuk, H. & e. al (2008). Assessment of thermal effects of kinesiology tape application. *Fizjoterapia Polska*, 8, 310-316.

Ramon, T., M. Prades, L. Armengou, J. L. Lanovaz, D. R. Mullineaux & H. M. Clayton (2004). Effects of athletic taping of the fetlock on distal limb mechanics. *Equine Veterinary Journal*, 36, 764-768.

Ranner, W., H. Gerhards & W. Klee (2002). Back problems on horses: Diagnostic validity of palpation. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 115, 420-424.

Raundal, P. M., P. H. Andersen, N. Toft, B. Forkman, L. Munksgaard & M. S. Herskin (2014). Handheld mechanical nociceptive threshold testing in dairy cows - intra-individual variation, inter-observer agreement and variation over time. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 41, 660-669.

Ravara, B., V. Gobbo, U. Carraro, L. Gelbmann, J. Pribyl & S. Schils (2015). Functional electrical stimulation as a safe and effective treatment for equine epaxial muscle spasms: Clinical evaluations and histochemical morphometry of mitochondria in muscle biopsies. *European Journal of Translational Myology*, 25, 109-120.

Redaelli, V., D. Bergero, E. Zucca, F. Ferrucci, L. N. Costa, L. Crosta & F. Luzi (2014). Use of Thermography Techniques in Equines: Principles and Applications. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34, 345-350.

Riccio, B., C. Frascetto, J. Villanueva, F. Cantatore & A. Bertuglia (2018). Two Multicenter Surveys on Equine Back-Pain 10 Years a Part. *Frontiers in Veterinary Science*, 5.

Ritruethai, P., R. Weller & J. M. Wakeling (2008). Regionalisation of the muscle fascicle architecture in the equine longissimus dorsi muscle. *Equine Veterinary Journal*, 40, 246-251.

Romera, E., M. J. Perena, M. F. Perena & M. D. Rodrigo (2000). Neurofisiología del dolor. *Rev. Soc. Esp. Dolor*, 7, 11-17.

Ross, M. W. & S. J. Dyson. (2003). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. USA. Elsevier Science.

Saavedra-Hernandez, M., A. M. Castro-Sanchez, M. Arroyo-Morales, J. A. Cleland, I. C. Lara-Palomo & C. Fernandez-De-Las-Penas (2012). Short-Term Effects of Kinesio Taping Versus Cervical Thrust Manipulation in Patients With Mechanical Neck Pain: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42, 724-730.

Shim, J. Y., H. R. Lee & D. C. Lee (2003). The use of elastic adhesive tape to promote lymphatic flow in the rabbit hind leg. *Yonsei Medical Journal*, 44, 1045-1052.

Silva Parreira, P. d. C., L. d. C. Menezes Costa, L. C. Hespanhol, Jr., A. D. Lopes & L. O. Pena Costa (2014). Current evidence does not support the use of Kinesio Taping in clinical practice: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 60, 31-39.

Silva Parreira, P. d. C., L. d. C. Menezes Costa, R. Takahashi, L. C. Hespanhol Junior, M. A. da Luz Junior, T. M. da Silva & L. O. Pena Costa (2014). Kinesio Taping to generate skin convolutions is not better than sham taping for people with chronic non-specific low back pain: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy*, 60, 90-96.

Simon, E. L., E. M. Gaughan, T. Epp & M. Spire (2006). Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. *Javma-Journal of the American Veterinary Medical Association*, 229, 1940-1944.

Slomka, B., W. Rongies, P. Ruszczuk, J. Sierdzinski, D. Saganowska, S. Zdunski & M. E. Worwag (2018). Short-term effect of kinesiology taping on temperature distribution at the site of application. *Research in Sports Medicine*, 26, 365-380.

Soroko, M., R. Henklewski, H. Filipowski & E. Jodkowska (2013). The Effectiveness of Thermographic Analysis in Equine Orthopedics. *Journal of Equine Veterinary Science*, 33, 760-762.

Soroko, M. & K. Howell (2018). Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. *Journal of Equine Veterinary Science*, 60, 90-96.

Stedje, H. L., R. M. Kroskie & C. L. Docherty (2012). Kinesio Taping and the Circulation and Endurance Ratio of the Gastrocnemius Muscle. *Journal of Athletic Training*, 47, 635-642.

Stromberg, B. (1974). Use of thermography in equine orthopedics. *Journal of the American Veterinary Radiology Society*, 15, 94-97.

Stubbs, N. C., P. W. Hodges, L. B. Jeffcott, G. Cowin, D. R. Hodgson & C. M. McGowan (2006). Functional anatomy of the caudal thoracolumbar and lumbosacral spine in the horse. *Equine veterinary journal. Supplement*, 393-9.

Stubbs, N. C., L. J. Kaiser, J. Hauptman & H. M. Clayton (2011). Dynamic mobilisation exercises increase cross sectional area of musculus multifidus. *Equine Veterinary Journal*, 43, 522-529.

Stubbs, N. C., C. M. Riggs, P. W. Hodges, L. B. Jeffcott, D. R. Hodgson, H. M. Clayton & C. M. McGowan (2010). Osseous spinal pathology and epaxial muscle ultrasonography in Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 42, 654-661.

Sullivan, K. A., A. E. Hill & K. K. Haussler (2008). The effects of chiropractic, massage and phenylbutazone on spinal mechanical nociceptive thresholds in horses without clinical signs. *Equine Veterinary Journal*, 40, 14-20.

Taylor, P. & M. Dixon. (2012). A review of mechanical nociceptive threshold data in eight mammalian species. In *Proceedings of the 14th World Congress on Pain*, 12. Milan, Italy.

Taylor, P. M., N. Crosignani, C. Lopes, A. C. Rosa, S. P. L. Luna & J. N. P. Puoli (2016). Mechanical nociceptive thresholds using four probe configurations in horses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 43, 99-108.

Thelen, M. D., J. A. Dauber & P. D. Stoneman (2008). The clinical efficacy of Kinesio Tape for shoulder pain: A randomized, double-blinded, clinical trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38, 389-395.

Treede, R. D., R. Rolke, K. Andrews & W. Magerl (2002). Pain elicited by blunt pressure: neurobiological basis and clinical relevance. *Pain*, 98, 235-240.

Tsai, H.-J., H.-C. Hung, J.-L. Yang, C.-S. Huang & J.-Y. Tsauo (2009). Could Kinesio tape replace the bandage in decongestive lymphatic therapy for breast-cancer-related lymphedema? A pilot study. *Supportive Care in Cancer*, 17, 1353-1360.

Tsai, C.-T., W.-D. Chang & J.-P. Lee (2010). Effects of Short-term Treatment with Kinesiotaping for Plantar Fasciitis. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 18, 71-80.

Tunks, E., G. A. McCain, L. E. Hart, R. W. Teasell, C. H. Goldsmith, G. B. Rollman, A. J. McDermid & P. J. Deshane (1995). The reliability of examination for tenderness in patients with myofascial pain, chronic fibromyalgia and controls. *Journal of Rheumatology*, 22, 944-952.

Tunley, B. V. & F. M. D. Henson (2004). Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 36, 306-312.

Turner, T. A. (1991). Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 7, 311-338.

Turner, T. A. (2001). Diagnostic thermography. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 17, 95-113.

Turner, T. A., J. F. Fessler, M. Lamp, J. A. Pearce & L. A. Geddes (1983). Thermographic evaluation of horses with podotrochlosis. *American Journal of Veterinary Research*, 44, 535-539.

Turner, T. A., R. C. Purohit & J. F. Fessler (1986). Thermography - a review in equine medicine. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 8, 855-862.

Valberg, S. J. (1999). Spinal muscle pathology. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 15, 87-+.

Vanderweeën, L., R. A. B. Oostendorp, P. Vaes & W. Duquet (1996). Pressure algometry in manual therapy. *Manual Therapy*, 1, 258-265.

Varcoe-Cocks, K., K. N. Sagar, L. B. Jeffcott & C. M. McGowan (2006). Pressure algometry to quantify muscle pain in racehorses with suspected sacroiliac dysfunction. *Equine Veterinary Journal*, 38, 558-562.

Vatine, J. J., S. C. Shapira, F. Magora, D. Adler & A. Magora (1993). Electronic pressure algometry of deep pain in healthy-volunteers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74, 526-530.

Vaughan, B., P. McLaughlin & C. Gosling (2007). Validity of an electronic pressure algometer. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 10, 24-28.

Velasco-Roldan, O., I. Riquelme, A. Ferragut-Garcias, A. M. Heredia-Rizo, C. Rodriguez-Blanco & A. Oliva-Pascual-Vaca (2018). Immediate and Short-Term Effects of Kinesio Taping Tightness in Mechanical Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *Pm&R*, 10, 28-35.

Villota Chicaíza, X. M. (2014). Vendaje neuromuscular: Efectos neurofisiológicos y el papel de las fascias (Neuromuscular Bandage: Neurophysiological Effects and the Role of Fascias). *Revista Ciencias de la Salud*, 12, 253-269.

- Von Schweinitz, D. G. (1999). Thermographic diagnostics in equine back pain. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 15, 161-177.
- Walmsley, J. P., H. Pettersson, F. Winberg & F. McEvoy (2002). Impingement of the dorsal spinous processes in two hundred and fifteen horses: case selection, surgical technique and results. *Equine Veterinary Journal*, 34, 23-28.
- Weaver, M. P., L. B. Jeffcott & M. Nowak (1999). Radiology and scintigraphy. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 15, 113-129.
- Williams, S., C. Whatman, P. A. Hume & K. Sheerin (2012). Kinesio Taping in Treatment and Prevention of Sports Injuries A Meta-Analysis of the Evidence for its Effectiveness. *Sports Medicine*, 42, 153-164.
- Windisch, C., S. Brodt, E. Roehner & G. Matziolis (2017). Effects of Kinesio taping compared to arterio-venous Impulse System (TM) on limb swelling and skin temperature after total knee arthroplasty (vol 41, pg 301, 2017). *International Orthopaedics*, 41, 855-855.
- Wolf, L. (2002). The role of complementary techniques in managing musculoskeletal pain in performance horses. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 18, 107-115.
- Woodward, K. A., V. Unnithan & N. D. Hopkins (2015). Forearm Skin Blood Flow After Kinesiology Taping in Healthy Soccer Players: An Exploratory Investigation. *Journal of Athletic Training*, 50, 1069-1075.
- Wright, C. I., C. I. Kroner & R. Draijer (2006). Non-invasive methods and stimuli for evaluating the skin's microcirculation. *Journal of pharmacological and toxicological methods*, 54, 1-25.
- Wu, W.-T., C.-Z. Hong & L.-W. Chou (2015). The Kinesio Taping Method for Myofascial Pain Control. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.
- Yang, J.-M. & J.-H. Lee (2018). Is Kinesio Taping to Generate Skin Convolutions Effective for Increasing Local Blood Circulation? *Medical Science Monitor*, 24, 288-293.
- Yanmaz, L. E., Z. Okumus & E. Dogan (2007). Instrumentation of thermography and its applications in horses. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6, 858-862.
- Ylinen, J. (2007). Pressure algometry - Commentary. *Australian Journal of Physiotherapy*, 53, 207-207.
- Yoshida, A. & L. Kahanov (2007). The effect of kinesio taping on lower trunk range of motions. *Research in sports medicine (Print)*, 15, 103-112.

Zaneb, H., C. Peham & C. Stanek (2013). Functional anatomy and biomechanics of the equine thoracolumbar spine: a review. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 37, 380-389.

Zellner, A., B. Bockstahler & C. Peham (2017). The effects of Kinesio Taping on the trajectory of the forelimb and the muscle activity of the *Musculus brachiocephalicus* and the *Musculus extensor carpi radialis* in horses. *Plos One*, 12.

Zimmerman, M., S. Dyson & R. Murray (2012). Close, impinging and overriding spinous processes in the thoracolumbar spine: The relationship between radiological and scintigraphic findings and clinical signs. *Equine Veterinary Journal*, 44, 178-184.

10. ANEXOS

A. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: Evaluación de los efectos del vendaje neuromuscular sobre la columna toraco-lumbar del caballo: determinación de umbrales nociceptivos mecánicos y variaciones de temperatura superficial.

El vendaje neuro-muscular es una técnica englobada dentro de la fisioterapia que se lleva aplicando en deportistas desde hace más de 40 años; recientemente se ha extrapolado su uso en fisioterapia veterinaria como complemento al tratamiento fisioterapéutico de los caballos de deporte. Sin embargo existe una carencia de estudios científicos que demuestren su eficacia en caballos. Los efectos del vendaje neuro-muscular varían en función de cómo se aplique, y en este estudio, nuestro objetivo es valorar la técnica de “apertura de espacio”, y sus efectos analgésicos, sobre puntos de dolor en la columna del caballo.

El estudio tiene una duración de cuatro días (dos + dos) durante los cuales se realizarán mediciones clínicas, con algometría y termografía, sobre el dorso del caballo, todas ellas no invasivas. Se aplicará vendaje neuro-muscular sobre su columna en cinco puntos, con y sin tensión (50%) para posteriormente evaluar sus efectos.

Los caballos deberán trabajar de la mano de manera ligera durante los días que dure el estudio, y no podrán ser medicados.

La inclusión de sus caballos en este estudio no conlleva ningún tipo de coste asociado; los resultados obtenidos serán totalmente confidenciales y se emplearán con fines científicos y divulgativos.

En base a lo anteriormente expuesto, se solicita a D/Dña con DNI:, propietario del caballo de nombre....., que conceda su consentimiento para ser incluido en el estudio, tras haber leído y entendido la información arriba indicada.

Madrid, a de de 20.....

Fdo.....

El propietario

Fdo.....

Marta García Piqueres

Veterinario nº col 5330

Para cualquier consulta pueden contactar: info@equidinamia.es

B. CUADERNO DE RECOGIDA DE DATOS

Protocolo de evaluación

NÚMERO DE CASO:

PRUEBA: 0% 50%

Caballo: **Raza:** **Fecha:**

Propietario: **Lugar:**

Edad: **Capa:**

Aptitud: **Sexo:**

¿El caballo se monta al menos 3 veces a la semana? SI / NO

¿Realiza actividad deportiva sin jinete? SI / NO

¿Ha recibido medicación en los últimos 15 días? SI / NO

¿Ha sido infiltrado su dorso en las últimas 8 semanas? SI / NO

¿Está recibiendo otro tipo de tratamiento local en el dorso? SI / NO

¿Tiene historia clínica de patología / dolor de dorso? SI / NO

¿Ha sido tratado alguna vez por esto? ¿Cómo?

Tipo de estabulación

Plan deportivo

1. EVALUACIÓN DIA 0 **LONGITUD DEL PELO = _____ CM**

- Curvatura de la columna: lordosis / cifosis / escoliosis
- Desarrollo muscular región paravertebral tóraco-lumbar:
 - Correcto
 - Atrofia: leve / moderada / severa
 - Región:
 - Bilateral / Unilateral
- Marcas sobre la columna toraco-lumbar: SI / NO
- Estado de la musculatura abdominal: Normotónico / Hipotónico / Hipertónico
- Sensibilidad sobre apófisis espinosas: (0 al 3)

T12: T15: T18: L2: L4: Otras (especificar):

- Tono muscular: (0= normotónico, 1= hipotónico, 2=hipertónico)

TX D: TX I: LB D: LB I:

- Sensibilidad sobre la musculatura paravertebral: (0 al 3)

TX D: TX I: LB D: LB I:

- Movilización con reflejos: (0 al 4 0=hipermov 1= N 4=rigidez severa)

Flexión torácica: Ext. torácica: Flexión lumbo-sacra: Ex. lumbo-sacra:

SACAR FOTO

Limpieza del caballo con alcohol / colocación de marcadores

Realizar adaptación al algómetro

M0

TEMP:
HUMEDAD:
HORA:

2. MEDICIONES DÍA 1

- **Medición basal termografía**
- **Medición basal algómetro (30" ENTRE MEDICIONES)**

	T12	T15	T18	L2	L4
Medición 1					
Medición 2					
Medición 3					

- **Aplicación de VNM: SIN TENSIÓN / CON TENSIÓN**

HORA:

- **Medición termografía post vendaje 60'**

HORA:

TEMP:
HUMEDAD:

- **Medición algómetro post vendaje 60'**

M1

	T12	T15	T18	L2	L4
Medición 1					
Medición 2					
Medición 3					

M2

3. MEDICIONES DÍA 2

Estado del vendaje:

<i>LOCALIZACIÓN</i>	<i>PRESENTE/AUSENTE</i>	<i>ESTADO TIRA</i>	<i>ANCLAJE IZQ</i>	<i>ANCLAJE DCHO</i>
<i>T12</i>				
<i>T15</i>				
<i>T18</i>				
<i>L2</i>				
<i>L4</i>				

- **Medición termografía post 24h**

TEMP:

HUMEDAD:

HORA:

RETIRAMOS EL VENDAJE

¿SE OBSERVAN ALTERACIONES EN LA PIEL? SI

NO

- **Medición termografía post 24h + 15' (M3)**

TEMP:

HUMEDAD:

HORA:

- Medición algómetro M3

	T12	T15	T18	L2	L4
Medición 1					
Medición 2					
Medición 3					

Evaluación clínica final

- Sensibilidad sobre apófisis espinosas: (0 al 3)

T12: T15: T18: L2: L4: Otras (especificar):

- Tono muscular: (0= normotónico, 1= hipotónico, 2=hipertónico)

TX D: TX I: LB D: LB I:

- Sensibilidad sobre la musculatura paravertebral: (0 al 3)

TX D: TX I: LB D: LB I:

- Movilización con reflejos: (0 al 4 0=hipermov 1= N 4=rigidez severa)

Flexión torácica: Ext. torácica: Flexión lumbo-sacra: Ex. lumbo-sacra:

Evaluación de la tolerancia al algómetro (1 al 5)

C. LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. APLICACIÓN DE VENDAJE NEUROMUSCULAR.

FIGURA 2. MUSCULATURA DE LA REGIÓN AXIAL DEL CABALLO. DENOIX Y PAILLOUX, 2001.

FIGURA 3. APLICACIÓN DE CORRIENTES ANALGÉSICAS TIPO TENS EN EL CABALLO.

FIGURA 4. CABALLO MOSTRANDO SIGNOS DE DOLOR AL SER ENSILLADO.

FIGURA 5. SIGNOS FACIALES DE DOLOR EN RESPUESTA A LA PALPACIÓN DEL MÚSCULO BRAQUIOCEFÁLICO.

FIGURA 6. CABALLO MOSTRANDO SIGNOS DE DOLOR AL SER MONTADO POR SU JINETE.

FIGURA 7. MARCAS EN LA CRUZ Y ATROFIA DE LA MUSCULATURA PARAVERTEBRAL.

FIGURA 8. PALPACIÓN DE LA REGIÓN TORACO-LUMBAR DEL CABALLO.

FIGURA 9. EVALUACIÓN DE LA MOVILIZACIÓN DE LA COLUMNA MEDIANTE EL REFLEJO DE FLEXIÓN TORÁCICA.

FIGURA 10. IMAGEN ECOGRÁFICA DE LA COLUMNA LUMBAR.

FIGURA 11. TOMA DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS DEL DORSO DEL CABALLO.

FIGURA 12. ALGÓMETRO CON SISTEMA DE GUÍA PARA EL CONTROL DE LA TASA DE PRESIÓN.

FIGURA 13. TOMA DE MEDICIONES CON ALGÓMETRO DE PRESIÓN CON LA PUNTA PERPENDICULAR A LA ZONA EVALUADA.

FIGURA 14. EJEMPLOS DE PUNTAS DE DISTINTAS FORMAS Y MATERIALES EMPLEADAS PARA LA MEDICIÓN DE UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS.

FIGURA 15. IMAGEN RADIOLÓGICA DE ESTRECHAMIENTO DEL ESPACIO INTERESPINOSO.

FIGURA 16. DESVIACIÓN LATERAL DE LAS APÓFISIS ESPINOSAS SECUNDARIA A UNA FRACTURA.

FIGURA 17. APLICACIÓN DE TERAPIA MANUAL SOBRE EL DORSO DEL CABALLO.

FIGURA 18. APLICACIÓN DE ELECTROESTIMULACIÓN FUNCIONAL SOBRE EL DORSO DEL CABALLO (FES).

FIGURA 19. TRABAJO A LA CUERDA.

FIGURA 20. REHABILITACIÓN ACUÁTICA DE PATOLOGÍA DE DORSO MEDIANTE TRABAJO EN SEMIFLOTACIÓN. CENTRO KAWELL, BUENOS AIRES (ARGENTINA).

FIGURA 21. EJERCICIO PARA LA ACTIVACIÓN DE LA MUSCULATURA ESTABILIZADORA.

FIGURA 22. ESTRUCTURA DE TENSEGRIDAD REPRESENTADA EN LA FIGURA DE UN CUADRÚPEDO. CORTESÍA DE ARTEFACTPRO.

FIGURA 23. EL VNM SE FABRICA EN DISTINTOS COLORES.

FIGURA 24. CREACIÓN DE CIRCUNVOLUCIONES TRAS LA APLICACIÓN DEL VNM.

FIGURA 25. FORMAS DE RECORTE DEL VNM: EN "I", 2N "Y", "ESTRELLA" Y "PULPO O ABANICO" (de izquierda a derecha).

FIGURA 26. CABALLO TRABAJANDO A LA CUERDA CON VNM EN LA REGIÓN DEL DORSO.

FIGURA 27. APLICACIÓN DETONIFICANTE DE VNM SOBRE LA PORCIÓN BRAQUIAL DEL MÚSCULO BRAQUIOCEFÁLICO.

FIGURA 28. APLICACIÓN DE VNM SOBRE LA ZONA DE PROYECCIÓN SACRO-ILIACA EN BASE A LA TÉCNICA DE AUMENTO DE ESPACIO.

FIGURA 29. APLICACIÓN DE VNM EN UNA CICATRIZ BAJO LA TÉCNICA DE TIRAS CRUZADAS.

FIGURA 30. APLICACIÓN DE VNM BAJO LA TÉCNICA DE "PULPO O ABANICO".

FIGURA 31. APLICACIÓN FASCIAL DE VNM SOBRE EL DORSO DEL CABALLO.

FIGURA 32. GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE ANIMALES POR SEXOS Y POR RAZA.

FIGURA 33. GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DEL EJERCICIO MONTADO SEMANAL.

FIGURA 34. GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD DEL PELO A NIVEL DEL DORSO.

FIGURA 35. ALGÓMETRO DE PRESIÓN MODELO PRODPLUS (TOPCAT METROLOGY LTD).

FIGURA 36. PUNTA METÁLICA UTILIZADA CON EL ALGÓMETRO (2MM DIÁMETRO).

FIGURA 37. VENDAJE NEURMUSCULAR VETKIN TAPE.

FIGURA 38. ECÓGRAFO INHALÁMBRICO EPTE.

FIGURA 39. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE PRE-ESTIRAMIENTO DEL VENDAJE. VENDAJE PEGADO AL PAPEL 10CM (IZQUIERDA), VENDAJE DESPEGADO DEL PAPEL PROTECTOR 9.7 CM (DERECHA).

FIGURA 40. LONGITUD ALCANZADA POR LOS 10CM DE VENDA TRAS APLICAR UN ESTIRAMIENTO MÁXIMO.

FIGURA 41. ABSORCIÓN DE TEMPERATURA POR PARTE DEL VNM COLOCADO SOBRE PLACA TERMOSTATIZADA A 28 Y A 40°C

FIGURA 42. MEDICIÓN DE TEMPERATURA SOBRE PLACA TERMOSTATIZADA.

FIGURA 43. DIAGRAMA DEL EXPERIMENTO LLEVADO A CABO PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DEL VENDAJE SOBRE LAS MEDICIONES CPN ALGÓMETRO.

FIGURA 44. TOMA DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS.

FIGURA 45. VISTA DORSAL DE LOS MARCADORES DIBUJADOS PARA GUIAR LA TOMA DE MEDICIONES Y LA COLOCACIÓN DEL VNM.

FIGURA 46. DIAGRAMA QUE MUESTRA LAS FASES DEL ESTUDIO.

FIGURA 47. COLOCACIÓN DEL VENDAJE.

FIGURA 48. MEDICIÓN CON ALGÓMETRO DE PRESIÓN 60 MINUTOS TRAS LA APLICACIÓN DEL VENDAJE.

FIGURA 49. TERMOGRAMA TOMADO TRAS 24 HORAS DE APLICADO EL VENDAJE.

FIGURA 50. ALTERACIONES OBSERVADAS EN LA REGIÓN TORACO-LUMBAR Y ABDOMINAL.

FIGURA 51. UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS MEDIOS OBTENIDOS PARA CADA APÓFISIS ESPINOSA EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%).

FIGURA 52. UMBRALES NOCICEPTIVOS MECÁNICOS MEDIOS OBTENIDOS PARA CADA APÓFISIS ESPINOSA EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

FIGURA 53. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA AL ALGÓMETRO SEGÚN ESCALA DE HAUSSLER ET AL., 2008. PRUEBA T0%.

FIGURA 54. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA AL ALGÓMETRO SEGÚN ESCALA DE HAUSSLER ET AL., 2008. PRUEBA T50%.

FIGURA 55. TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS OBTENIDAS PARA CADA APÓFISIS ESPINOSA EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%).

FIGURA 56. TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS OBTENIDAS PARA CADA APÓFISIS ESPINOSA EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

FIGURA 57. TERMOGRAMA CORRESPONDIENTE AL MOMENTO PREVIO A LA APLICACIÓN DE VENDAJE (M0).

FIGURA 58. TERMOGRAMA CORRESPONDIENTE A LOS 60 MINUTOS TRAS LA APLICACIÓN DEL VENDAJE (M1).

FIGURA 59. TERMOGRAMA CORRESPONDIENTE A LAS 24 HORAS TRAS LA APLICACIÓN DEL VENDAJE (M2).

FIGURA 60. TERMOGRAMA CORRESPONDIENTE A LOS 15 MINUTOS TRAS LA RETIRADA DEL VENDAJE (M3).

FIGURA 60 BIS. EJEMPLO DE IMAGEN PROCESADA CON LA APLICACIÓN FLIR®

FIGURA 61. TERMOGRAFÍA QUE ILUSTRA LA DETECCIÓN DE TEMPERATURAS MAYORES EN LA REGIÓN DE LA COLUMNA TORACO-LUMBAR RESPECTO DE LA MUSCULATURA PARAVERTEBRAL EN CABALLOS SANOS.

FIGURA 62. IMAGEN TERMOGRÁFICA DE UNO DE LOS CABALLOS DEL ESTUDIO DE CAPA PÍA QUE MUESTRA LAS DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ENTRE LAS ZONAS CLARAS Y OSCURAS DEL PELAJE.

FIGURA 63. DIFERENCIA EN LA DIRECCIÓN DEL PELO OBSERVADA TRAS LA RETIRADA DEL VENDAJE EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%). LAS FLECHAS MARCAN EL LIMITE ENTRE LA ZONA ACTIVA DEL VENDAJE (CON ESTIRAMIENTO, ZONA SUPERIOR) Y LA ZONA DE ANCLAJE (SIN ESTIRAMIENTO, ZONA INFERIOR).

FIGURA 64. ESTADO DE LOS ANCLAJES EN UNO DE LOS INDIVIDUOS 24 HORAS TRAS LA APLICACIÓN DEL VENDAJE EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

FIGURA 65. ADHESIÓN DE LA VENDA AL PELO DEL CABALLO.

D. LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. GRADUACIÓN DE LA SENSIBILIDAD A LA PALPACIÓN EN BASE A LA RESPUESTA ADAPTADO DE DE HEUS Y COLABORADORES (2010).

TABLA 2. GRADUACIÓN DEL DOLOR MUSCULAR EN EL CABALLO (VARCOE-COCKS ET AL. 2006)

TABLA 3. GRADUACIÓN DE LA MOVILIDAD DE LA COLUMNA. ADAPTADO (DE HEUS ET AL. 2010)

TABLA 4. DATOS GENERALES DE LOS INDIVIDUOS INCLUIDOS EN LA MUESTRA.

TABLA 5. RESULTADOS DE LA PALPACIÓN CLÍNICA DE LAS APÓFISIS ESPINOSAS ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

TABLA 6. RESULTADOS DE LA PALPACIÓN CLÍNICA DE LAS APÓFISIS ESPINOSAS ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

TABLA 7. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA DEL TONO MUSCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

TABLA 8. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA DEL TONO MUSCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

TABLA 9. RESULTADOS DE LA PALPACIÓN CLÍNICA DE LA SENSIBILIDAD MUSCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

TABLA 10. RESULTADOS DE LA PALPACIÓN CLÍNICA DE LA SENSIBILIDAD MUSCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%). NÚMERO DE CABALLOS (%).

TABLA 11. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL DORSO EN BASE A LA ESCALA DE DE HEUS ET AL., 2010, ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%).

TABLA 12. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL DORSO EN BASE A LA ESCALA DE DE HEUS ET AL., 2010, ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL VENDAJE (M0) Y TRAS SU RETIRADA (M3) EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

TABLA 13. ÍNDICES CALCULADOS PARA VALORAR LA REPETIBILIDAD (ICC: índice de correlación intraclase), LA VARIACIÓN MÍNIMA SIGNIFICATIVA (MDC: "minimal detectable change") Y LA ACOMODACIÓN / SENSIBILIZACIÓN (SI: p valor del

ANOVA) DE LAS VALORACIONES CON ALGOMETRO EN LA PRUEBA SIN ESTIRAMIENTO (T0%).

TABLA 14. ÍNDICES CALCULADOS PARA VALORAR LA REPETIBILIDAD (ICC: índice de correlación intraclase), LA VARIACIÓN MÍNIMA SIGNIFICATIVA (MDC: “minimal detectable change”) Y LA ACOMODACIÓN / SENSIBILIZACIÓN (SI: p valor del ANOVA) DE LAS VALORACIONES CON ALGOMETRO EN LA PRUEBA CON ESTIRAMIENTO (T50%).

TABLA 15. COMPARATIVA DE LOS MNT MEDIOS ENTRE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MEDICIÓN (M0-M1 Y M0-M3), PARA AMBAS PRUEBAS, EXPRESADOS EN NEWTONS. P VALOR APLICADA CORRECCIÓN DE BONFERRONI.

TABLA 16. COMPARATIVA DE LOS VALORES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL MEDIOS ENTRE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MEDICIÓN (M0-M1, M0-M2 Y M0-M3), PARA AMBAS PRUEBAS, EXPRESADOS EN GRADOS CENTÍGRADOS.. P VALOR APLICADA LA CORRECCIÓN DE BONFERRONI.

TABLA 17. COMPARATIVA DE LOS VALORES MEDIOS DE TEMPERATURA AMBIENTE Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE ENTRE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MEDICIÓN (M0-M1, M0-M2 Y M0-M3), PARA AMBAS PRUEBAS. TEMPERATURA AMBIENTE EXPRESADA EN GRADOS CENTÍGRADOS Y HUMEDAD RELATIVA EN %. P VALOR APLICADA CORRECCIÓN DE BONFERRONI.