

**CAMBIOS TÉRMICOS EN LAS EXTREMIDADES DE CABALLOS,
ASOCIADOS A GOLPES Y SU EVALUACIÓN POR TERMOGRAFÍA.**
MVZ José Luis Velázquez Ramírez*; DVM PhD. Jack R. Snyder**; MVZ MSc. Luis Ocampo
Camberos***; MVZ MSc. Alejandro Rodríguez Monterde*.¹

Resumen

Los caballos de salto, en competencia, pueden derribar obstáculos y lastimarse. Si se golpean, no siempre claudican. Considerando al calor como un signo de inflamación, se evaluaron los cambios térmicos de 6 áreas de las extremidades torácicas y pelvianas de 23 caballos de salto en nivel de competencia de 1.05 a 1.60 m de altura, por medio de termografía durante 4 días de competencia (N=2208 áreas). Se obtuvieron registros diariamente a la misma hora, temperatura basal (día 0) y durante 4 días subsecuentes; se filmaron para identificar con qué extremidad derribaban y asociar sus cambios térmicos con los “derribes”. Cada evento se clasificó por su condición de exposición a golpe y por la respuesta térmica a estos. De los 2208 eventos, fueron *casos* las áreas que registraron al menos 1°C de incremento (n=477); *expuestos*, las áreas golpeadas (n=1032) y *casos expuestos*, las áreas golpeadas con incremento de temperatura (n=278). Los golpes en las extremidades son un factor que aumenta 81% el riesgo de aumento de temperatura en el área golpeada (OR=1.81; P=0.0000). Dicho riesgo varió entre los días (OR_{MH}=1.65; P=0.0000), y entre las áreas de exposición (OR_{MH}= 1.849; P=0.0000). Entre las áreas golpeadas, la mayor proporción con incremento de temperatura ocurrió el día tres: n=132, 42.31%, P=0.000, seguida por el dos: (n=71) 22.76%. P=0.000), y la menor, el día uno (n=18) 10.71%; P=0.000. El área más afectada por los golpes fue la Caña media: (n=60) 34.88%; P=0.009 y la menor, el casco: (n=23) 13.37% P=0.000. Aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las extremidades (P>0.2), en conjunto mostraron alto riesgo de aumento de temperatura por los golpes (OR_{MH}=1.81), independientemente del área, o del día en que lo recibieron. Si los caballos no se golpearan durante el salto, la proporción de casos se reduciría 26.1% (*fep*) en la población general, y si se hubieran evitado los golpes en aquellos que los recibieron, tal proporción se habría reducido 44.8% (*fee*). No obstante que la cámara registra variaciones precisas de temperatura, con base en el aumento de 1°C, diagnóstica

¹ *Departamento de Medicina y Zootecnia para equinos FMVZ-UNAM. Ciudad Universitaria. México, D.F. C.P. 04510. e-mail: jlvr@servidor.unam.mx

** Departamento de Cirugía y Radiología, escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de California, Davis, California 95616.

***Departamento de Fisiología y Farmacología FMVZ-UNAM

similarmente tanto a los golpeados (*sensibilidad*=0.5828) como a los no golpeados (*especificidad*=0.5648), sin embargo, pronostica mejor el incremento de temperatura menor de 1°C en los no golpeados (*valor predictivo negativo*=0.831) que en los golpeados (*valor predictivo positivo*=0.269). Tales valores cuestionan al criterio de 1°C como valor de corte apropiado o bien, hacen pensar que se requieren criterios complementarios para el diagnóstico y el pronóstico correcto tanto de los casos golpeados como de los no casos no golpeados.

1. Introducción

El salto es una de las disciplinas ecuestres más populares en nuestro país, en ella se combina la velocidad, precisión y rapidez de reacción de los binómios al sortear entre 10 y 14 obstáculos, a diferentes alturas y anchuras; así como grado de dificultad, en un tiempo específico, tratando de incurrir en el menor número de faltas posibles. Cuando un competidor derriba un obstáculo, su caballo se rehúsa a saltar o se excede en el tiempo acordado, incurre en faltas. El ganador de la prueba será el binomio que haya acumulado menos faltas, complete el recorrido en el menor tiempo o logre el mayor número de puntos, esto dependerá del tipo de competencia que se realice. Durante el salto de obstáculos, los caballos pueden rehusar, derribar obstáculos e incluso caer durante el recorrido de una pista pudiendo lesionarse en forma clínica o subclínica, dependiendo de la severidad del traumatismo. Si un caballo de salto manifiesta una claudicación, ésta puede ser la causa de que sea retirado de la competencia para evitar que sufra un daño mayor o ponga en riesgo su integridad física o la del jinete; algunas lesiones no se observan clínicamente como claudicación sino hasta unos días después, cuando ya se manifiesta una inflamación muy marcada o como una claudicación aparente.

2. Antecedentes

Desde la época de Hipócrates hace 2000 años, éste aplicó barro al cuerpo de sus pacientes y observó que se secaba más rápido en áreas del cuerpo donde había más calor o procesos inflamatorios¹.

En los expedientes de *Hipócrates* encontrados, en su tratado de epidemiología y pronósticos, ya existían reportes del curso de la fiebre. Los intentos por cuantificar este fenómeno natural vinieron más tarde. Los signos clásicos de la inflamación incluían al calor, ya desde el año 4 después de Cristo.

En el siglo XVII *Galileo* inventó un termoscopio, este simple tubo con una bola en un extremo, era capaz de mostrar grados específicos de temperatura. *Sanctorius*, profesor de anatomía de *Padua*, mejoró este termoscopio agregándole una escala. Este fue probablemente el primer termómetro calibrado utilizado en el estudio de la temperatura del cuerpo humano.

Tiempo después *Fahrenheit* y *Celsius* introdujeron sus escalas de temperatura, *Martine* publicó información de la temperatura del cuerpo humano a mediados del siglo XVIII, pero se le dio más crédito a *Carl Wunderlich* (1860), médico

Alemán quien 115 años después publicó un importante estudio utilizando termometría médica.²⁵ *Wunderlich* registró la temperatura de sujetos sanos y la comparó con pacientes que presentaban algún tipo de padecimiento o enfermedad. A pesar de sus trabajos sobre el termómetro clínico y de su amplio uso presentados en este trabajo, *Wunderlich* fue severamente criticado y acusado de realizar trabajo poco ético. En esos tiempos, en la práctica de la clínica se acostumbraba evaluar la temperatura palpando el cuerpo y así se enseñaba el método clásico para detectar el calor con las manos de la persona que evaluaba; este método tiene obvias variaciones entre cada individuo³⁶, ya que la mano humana sólo es capaz de distinguir incrementos o cambios de 2°C.^{19,25}

Posteriormente, se siguieron inventando y perfeccionando instrumentos de medición de temperatura del cuerpo humano. Los primeros sensores de hace unos 60 años eran muy grandes, lentos y difíciles de colocar sobre la piel. *Hardi* (1934) demostró que la piel actúa como un radiador en el cuerpo y que se puede aplicar la Ley de *Stefan Boltzman's* sobre las emisiones para la medición de radiación de energía de la superficie del cuerpo humano. Se realizaron estudios posteriormente que confirmaron la alta eficiencia de la piel para funcionar como un radiador, ya que el cuerpo produce radiación infrarroja de amplio espectro que va de 3 a 50 μm .(micrones).²⁸

El físico Alemán Max Planck trajo una idea novedosa con relación a la radiación, él sugirió que era absorbida y radiada solamente como unidades discretas a las que llamó quantum. Él, de hecho, descubrió una constante universal de la naturaleza que conocemos hoy como la constante de Plank. Descubrió que la energía de cada quantum es igual a la frecuencia de la radiación multiplicada por la constante universal, la cantidad de radiación infrarroja producida por cualquier área está dada en función de su temperatura de acuerdo con la Ley de Plank³⁵. Sus descubrimientos fueron verificados por otros científicos y dieron la base para un campo completamente nuevo de la física conocido como mecánica cuántica. Su trabajo tiene profundas implicaciones para cualquiera que esté interesado en la energía infrarroja, condujo a las famosas curvas de radiación de “cuerpos negros” que son esenciales para el entendimiento de cómo la temperatura, radiación y la longitud de onda interactúan.

La radiación infrarroja fue identificada por *William Herschel* en 1800. El descubrimiento fue nada menos que la porción infrarroja del espectro electromagnético. Herschel diseñó un simple pero elegante experimento al

estudiar qué colores del espectro visible transportaban más cantidad de calor. Él usó un prisma y luz solar para crear el espectro y termómetros con focos oscuros para medir la temperatura de los diferentes colores y descubrió que el área justo por arriba del rojo contenía la mayor cantidad de calor a los que llamó “rayos caloríficos”³². Hoy se emplea el término radiación infrarroja; esta radiación de calor es esencialmente lo que detectan todos los aparatos de medición de imagen térmica directa, y pudo ser confirmada por *John Herschel*, quien en 1840, realizó la primera imagen de termografía por evaporografía. Un siglo después, la ingeniería militar incorporó esta tecnología en su beneficio.²⁵

En los años 40 del siglo XX aparecieron instrumentos que medían la temperatura, entonces se realizaban mediciones de temperatura de varias áreas del cuerpo del paciente para ser utilizadas en el diagnóstico de zonas de dolor y alteraciones nerviosas. Este procedimiento era lento y tedioso.¹⁹ La Segunda Guerra Mundial dejó ver los avances en tecnología militar para detectar tropas enemigas^{22,25}, estos avances fueron los precursores de los equipos de termografía utilizados actualmente. Después de la guerra, la comunidad médica enterada de esta nueva tecnología empezó a ver los usos que le podrían dar a las mediciones de temperatura que obtenían del cuerpo humano.

Lawson en 1956 reportó la primera aplicación de la termografía en el diagnóstico del cáncer de mama.¹⁹ Los primeros equipos utilizaban tiempos de exposición mayores a 6 minutos, para formar una imagen en blanco y negro, por lo que este procedimiento era poco práctico, el equipo era caro, pesado y difícil de transportar,^{4,17,21,36} tales equipos no fueron muy útiles en animales ya que se tenía que mantener a los pacientes por más de 6 minutos sin que se movieran para obtener un buen termograma; por otro lado, la eficiencia de las cámaras no era la ideal, si el paciente tenía el pelo muy largo bloqueaba las emisiones infrarrojas.^{22,26}

En 1966 ya era posible obtener casi en forma instantánea representaciones termográficas del cuerpo; cuatro años después fue posible obtener patrones térmicos del cuerpo codificados en bandas isotérmicas (a colores) capaces de identificar gradientes de diferencia tan pequeños como de 0.1°C (0.18°F).²²

Para los años 70, se mejoró la tecnología y se logró la termografía en tiempo real, pudiéndose grabar los patrones de emisión térmica.

En 1971 *Stromberg* demostró que la termografía servía para identificar lesiones ortopédicas en caballos de carreras. Se evaluaron con termografía los cambios patológicos del tendón flexor superficial ^{19,28}

La termografía se volvió más popular en medicina veterinaria después de algunos acontecimientos históricos de la ley federal de protección de los caballos (1970). Este hecho se promulgó para evitar seguir aplicando sustancias contrairritantes (blisters) o colocando objetos metálicos en las extremidades a los caballos para mejorar su desempeño en las pistas.^{22,36} *Nelson y Oshiem* demostraron que la aplicación de sustancias irritantes a los caballos producía un patrón térmico anormal debido a la producción de emisiones infrarrojas.²⁹

Sin embargo, estos esfuerzos por ayudar fueron difíciles de lograr, ya que era muy difícil evaluar y comprobar que se habían utilizado sustancias irritantes para mejorar el desempeño, violando así las reglas establecidas. Afortunadamente para los caballos, en la actualidad la termografía es la herramienta de diagnóstico de elección en estos casos.^{7,12,22}

En 1973 la termografía ganó terreno nuevamente en el campo Veterinario, un investigador Suizo era capaz de predecir cuando los tendones de caballo presentarían daño 2 semanas antes de que manifestara claudicación.^{2,22,17} La termografía o “mapa de las áreas de calor” de entonces a la fecha se ha vuelto más sofisticada.^{1,26} La termografía ha existido desde hace varias décadas, con diferentes propósitos, tanto como técnica de imagenología, como con propósitos militares de reconocimiento; pero se ha estudiado más, desde los años 60 en Veterinaria.

3. ¿Qué es la termografía?

La Termografía proviene de las palabras latinas “calor” y “escribir”^{17,46}. Se define como una herramienta complementaria de diagnóstico, no invasiva, que proyecta imágenes a colores de la temperatura de la superficie de la piel.^{2,4,7,11,12,17,18,19,27,28}

La termografía sirve en la detección de áreas de inflamación. Esta capacidad de evaluar cambios en la temperatura de forma no invasiva hace que la termografía sea una herramienta más, que contribuye para el diagnóstico de algunas afecciones en el equino.^{1,2,3,4,20,26}

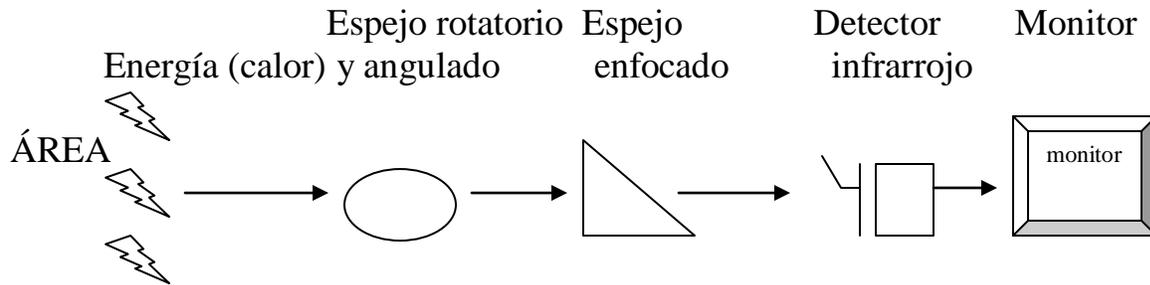
3.1 Instrumentación

Los detectores de radiación infrarroja, están conformados de varios componentes muy complejos. El más importante de todos es el detector que puede ser de tierras raras, pizoeléctricos y de cristal líquido.

Los de tierras raras están hechos de componentes preparados que incluyen: Iridium, arsénico, plomo, antimonio, selenio, germanio, plata, mercurio, zinc, o cobre. Los dispositivos más comunes son de telurio-cadmio y mercurio. Los dispositivos son fotoconductores en los cuales la resistencia disminuye al incrementar la incidencia de energía emitida. El pico del espectro de sensibilidad de cada detector está dado por la combinación de materiales usados. El pico del espectro de sensibilidad de los detectores de mercurio-cadmio-telurio baja entre 8 micrones y 14 micrones (μm). Estos detectores trabajan a temperaturas bajas y utilizan nitrógeno para el sistema de enfriamiento.²⁸

Los sistemas que utilizan objetivos pizoeléctricos como detectores no requieren nitrógeno líquido para su enfriamiento. Estos detectores responden a cambios de temperatura producidos por la radiación infrarroja; convirtiendo la energía infrarroja en una señal eléctrica, la cual se amplifica y se proyecta en una pantalla. El espectro y rango de estos instrumentos varía entre 3.2 micrones y 20 micrones como los termómetros digitales de uso humano.

Las cámaras de termografía usan espejos detectores y sistemas de enfoque óptico para sistemáticamente evaluar el objetivo y proyectar una imagen en el detector.



La imagen se pasa a un tubo de rayos catódicos, para que se forme una imagen, transformando esta energía en impulsos eléctricos que se proyectan contra el interior de una pantalla o monitor. El rayo barrido es sincronizado con los espejos detectores y angulados. Cuando no se encuentra una señal térmica por el detector, no se observa ninguna imagen. Cuando se encuentra una señal térmica, ésta área se muestra en tonos blanco y negro, generalmente entre más blanco indica más temperatura del área u objeto evaluado, la intensidad de la imagen dependerá del grado de calor generado.^{2,3,26}

3.2 Tipos de termografía

3.2.1 Cristal líquido

La termografía utiliza cristal líquido que refleja la luz polarizada en un estrecho espectro de longitud de onda. Los cambios de temperatura alteran la forma de estos cristales contenidos en bases flexibles de látex, para permitir su fácil colocación a la piel. Estas bases responden a cambios de temperatura entre 28°C y 34°C (82.4°F - 93.°F). Los detectores de tierras raras y los pizeoeléctricos pueden evaluar el área de un solo objeto a la vez; para producir un termograma, es necesario evaluar toda el área de interés.

3.2.2 Termografía infrarroja

La termografía infrarroja es la que más comúnmente se ha utilizado en medicina y que nos da un patrón térmico de la temperatura de la piel. Existen básicamente 3 tipos de equipos:

3.2.3 Termografía de Contacto

Este sistema utiliza cristales líquidos que van a reflejar la luz polarizada, la longitud de onda cambia cuando la forma de los cristales se modifica, dependiendo de las variaciones de temperatura. El color de un cristal entonces refleja una temperatura específica, ésta utiliza cristales líquidos en una base de látex maleable impregnada de cristales con microcápsulas de colesterol líquido.

Cuando se aplica directo sobre la piel los cristales reflejan la luz polarizada en un estrecho espectro de longitud de onda, los cristales cambian de forma, reflejando un color de luz específico y produce una imagen térmica del patrón térmico, estos reflejan un color diferente de luz, esto es, que el color del cristal refleja una temperatura específica.^{1,2} Esta base flexible se va a meter en un túnel o funda flexible y resistente, para que pueda ser colocada en las diferentes partes del cuerpo del paciente tomando la forma del lugar donde se coloca para un mejor contacto. Los cristales impregnados en la base de látex responden a cambios de temperatura entre 28°C y 34°C (82.4°C-93.2°F)^{1,2,4,23,27}

Este equipo consiste de un detector flexible de 26 x 35cm que contiene una membrana externa. Se bombea aire dentro del cassette para permitir que se acomode a la forma del cuerpo donde se coloque y de ahí se presiona para que se amolde a la superficie del cuerpo. Cuando esta funda suave se coloca en una área, los cristales cambian de color como respuesta a la diferente temperatura y produce una imagen térmica completa.¹

Se recomienda realizar una evaluación similar del miembro opuesto para compararlo. Cada detector está dividido en cuatro espacios y existen 6 gamas de colores.^{1,4} Se puede utilizar un equipo de 8 detectores con un rango clínico entre 20 y 38 °C. Estos detectores se sujetan por una estructura tubular ligera que en el centro tiene una cámara fotográfica instantánea para fotografiar las imágenes obtenidas y así mantenerlas en los registros de los pacientes. El precio de este equipo es bastante razonable para la mayoría de los Veterinarios dedicados a la clínica en equinos. Una de las desventajas de estos equipos es que en ocasiones el reflejo de la temperatura dependerá del contacto con la piel y en el caballo hay áreas que van a ser más difíciles de tener un buen contacto, por otro lado, las áreas en donde haya prominencias óseas, pueden dar falsos positivos o “puntos calientes” por la presión de la zona.^{1,4,27} En algunos modelos de cámaras de termografía, sobre todo en los antiguos, era necesario utilizar referencias de temperatura en grados Celsius, para así determinar

dependiendo del color el incremento o decremento de la temperatura en una zona.³

3.2.4 Termografía sin Contacto

Utiliza cámaras de termografía, es más sofisticada, no portátil y es un sistema caro. Proporciona imágenes termográficas instantáneas en blanco y negro o a colores. Los rayos infrarrojos de espectro electromagnético son captados por un detector (fotón) de tierras raras que las convierte en señales eléctricas que se van a observar en la pantalla de un monitor (tubo de rayos catódicos). Las áreas isotérmicas de las temperaturas conocidas permiten una evaluación cuantitativa del termograma.

3.2.5 Termómetros infrarrojos

Utilizan un objetivo pizoeléctrico como detector, convirtiendo las emisiones infrarrojas en una señal eléctrica que se observa como un valor numérico de la temperatura registrada. Este método es muy barato, permite evaluar las diferencias significativas de temperaturas entre 2 áreas distintas, pero evaluar un caballo completo toma mucho tiempo. Este instrumento mide radiación infrarroja entre 7 a 20 micrones de longitud de onda.^{23,38}

Las unidades más simples y baratas para evaluaciones de temperatura son los termómetros infrarrojos, éstos registran la energía infrarroja ópticamente y la transforman en una señal eléctrica, grabándola y mostrándola en una pantalla digital. Estos termómetros son portátiles y baratos, pero no proporcionan una imagen inmediata a colores del área que estamos evaluando. Se pueden hacer gráficas con las diferentes lecturas que vayamos registrando para obtener una representación gráfica de la temperatura, pero esto toma tiempo y es poco específico¹. Una modalidad práctica y barata que se usa en humanos y que se usó en el pasado en equinos es la banda o cinta de plástico que se colocaba en el área de interés y de acuerdo a la temperatura un número resaltaba o se iluminaba indicando la temperatura del área evaluada.¹

En las primeras termografías, con esta modalidad mostraban algunos patrones térmicos asociados con carcinoma de células escamosas, fracturas de carpo, esparaván, abscesos en cuello; pero carecían de claridad y tomaba mucho tiempo realizarlas.

3.2.6 Termografía de microondas

La termografía de microondas es un procedimiento con el cual la temperatura profunda del cuerpo es registrada y grabada; hay microondas que emanan de las estructuras anatómicas profundas. La termografía de microondas no depende de la temperatura de la superficie de la piel y comparada con la termografía infrarroja, el efecto del medio ambiente es mínimo. Las emisiones de microondas muestran una resolución espacial basta, a diferencia con la termografía infrarroja. En un estudio preliminar, una combinación de varias mediciones con termografía de microondas para la detección de daño en el tendón flexor superficial mostró 81% de sensibilidad y la especificidad fue de 74%. La termografía de microondas es una forma fácil de realizar evaluaciones en forma no invasiva y rápida.^{23,37}

Se pueden obtener imágenes a base de cuadros pasivos, grabados con un transductor de 3 GHz de la temperatura subcutánea. Los estudios preliminares fueron muy alentadores, pero se requiere de más avances tecnológicos para mejorar la resolución, y obtener tiempos de respuesta más rápidos y desarrollar mejores algoritmos para calcular en forma efectiva la “profundidad” de las señales de la microonda (*Leroy et al 1989*). Los primeros termogramas por microondas se realizaron de las extremidades de humanos.^{25,37}

3.2.7 La termografía actual

Las cámaras de termografía modernas como la utilizada en este estudio tienen un sistema para obtener las imágenes del objeto y transmitir las mediante un sistema de espejos y prismas para enviarlas a un detector que convierte la imagen en señal eléctrica, esta señal es retransmitida al cátodo dentro del tubo de rayos y es proyectada a un monitor a colores en donde en una pantalla en tonos de grises es transformada en colores que representan la intensidad de energía infrarroja producida por el área examinada o evaluada. Con estos nuevos equipos se puede evaluar todo el caballo en menos de 15 minutos. Como en otros equipos nuevos de imagenología, el precio al principio fue alto, además eran muy aparatosos, difíciles de transportar y manejar; actualmente están siendo cada día más accesibles para el Médico Veterinario.^{1,4}

3.2.8 Especificaciones de la cámara

Dependiendo del equipo de termografía y del programa que utilice, el color que muestra el incremento o decremento en la temperatura puede variar de uno a otro. Para la mayoría de los casos las máquinas se programan para mostrar la temperatura en una gama de 256 pseudo colores. El negro delinea la temperatura más baja de 8.7°C y el blanco la temperatura más alta situada en 30°C, esta gama de colores se seleccionó de 11 disponibles, para tener la ventaja de mayor sensibilidad de esta unidad (Inframetrics Thermacam, PM250) para promover la calidad y nitidez en el termograma.²⁹ En el equipo AGA 680 Thermovision el blanco representa el área más fría, y el azul oscuro la más caliente, seguido por el amarillo como el siguiente más caliente, verde, hasta llegar al blanco.^{3,46} De igual manera se deben considerar los rangos de temperatura a los que se puede trabajar con estos equipos. Ejemplo: la cámara antes mencionada trabaja en un rango de 0.2°C a 10°C. Existen en la actualidad diferentes usos y formas de termografía. Éstas miden la energía infrarroja, los rayos invisibles caloríficos¹. Cualquier objeto o ser vivo que tenga una temperatura por arriba de cero emite energía infrarroja.^{1,3,22,28}

Con los avances tecnológicos en los 20 años más recientes, se han mejorado considerablemente los métodos de evaluación de los tejidos blandos dañados en los caballos atletas²⁰. El ultrasonido diagnóstico es una de las herramientas de elección para la evaluación de tejidos blandos en el equino.

Existen otras herramientas de diagnóstico que van a ser complementarias para diagnosticar, como: resonancia magnética, tomografía axial computarizada y gammagrafía.¹¹ Turner menciona que se ha abusado de la termografía, ésta no reemplaza un buen examen clínico.²¹ La termografía es para tejidos superficiales, lo que gammagrafía es para huesos; sin olvidar que también nos ayuda para el diagnóstico en tejidos blandos.

4. Termografía en Equinos

La termografía se reportó por primera vez en Veterinaria con fines clínicos en 1965.³⁶ Durante varios años la reputación de la termografía sufrió y fue puesta en duda su eficacia.⁴⁵

Stromberg reportó el uso de la termografía en afecciones ortopédicas en los equinos.^{19,28} Correlacionó el patrón térmico y las lesiones radiográficas de articulaciones y huesos, y encontró que existe incremento de las emisiones

térmicas sobre las áreas patológicas antes de que se observen cambios radiográficamente, por lo que la termografía puede ser utilizada como complemento de la radiología. Durante el examen clínico de pacientes que presentan tendinitis, sinovitis, enfermedad articular degenerativa, etc. se pueden detectar los cambios de temperatura generados por el proceso inflamatorio permitiéndonos detectar estadíos tempranos del padecimiento o enfocarnos más a determinadas áreas o regiones; por ejemplo, en tendinitis se detectan los “puntos calientes” sobre el área afectada entre una y dos semanas antes de que haya signos de dolor o inflamación sobre el tendón. *Vanden* correlacionó los hallazgos termográficos en el diagnóstico de osteoartritis subclínica del tarso en caballos Standarbreed trotones de carreras, en este se observó un patrón térmico anormal localizado con un incremento de temperatura alrededor del tarso.⁴³

La termografía es especialmente útil para seguir el patrón térmico en el curso de algunas enfermedades, hasta que regresa al normal, con la disminución de la claudicación y la curación de la lesión. Las lesiones exacerbadas de las articulaciones generalmente están precedidas de incremento de temperatura de más de 4°C (7.2°C), la eficiencia de algunos tratamientos puede ser evaluada mediante termografía. La fenilbutazona, cortisona y la terapia radiactiva se han utilizado para disminuir la respuesta inflamatoria alrededor de una lesión química inducida. Termográficamente hablando, la respuesta inflamatoria se resuelve más fácilmente cuando se trata con fenilbutazona y cortisona vs el grupo no tratado. La terapia radiactiva no altera los aspectos clínicos o termográficos de las lesiones. Por otro lado, la termografía se ha utilizado en la evaluación de claudicaciones.

4.1 Usos de la termografía en equinos

Una de las grandes ventajas de la termografía es que permite detectar cambios tempranos de temperatura que podrían progresar a lesiones más serias, por ejemplo: fisuras, ruptura de ligamentos o tendones, etc.

4.1.1 Laminitis

En el proceso de laminitis, hay una inflamación característica de las estructuras laminares del casco. Los cambios en el patrón térmico del casco son de utilidad para reconocer estadios tempranos de la enfermedad, debe considerarse que la corona del casco es 1 a 2°C más caliente que el resto del casco; los cascos que se estén acercando a la temperatura de la corona sugieren un problema inflamatorio en proceso. En los casos en que un miembro torácico es afectado y queremos ver el efecto de que el peso sea cargado en el miembro opuesto al lesionado, es de gran utilidad la termografía ya que permite ver como se incrementa la temperatura y esto puede ser el proceso inicial de laminitis antes de que exista claudicación aparente, permitiendo implementar una terapia en forma temprana antes de que la laminitis sea irreversible.⁴

4.1.2 Síndrome navicular

La termografía es un buen método de diagnóstico ya que en este padecimiento no se manifiesta un proceso inflamatorio, si no que es caracterizado por la reducción en el flujo sanguíneo en la parte caudal del casco y solo se podría detectar con la termografía. El flujo sanguíneo se debe evaluar antes y después del ejercicio. En un caballo normal se mantiene un incremento de 0.5°C en el casco después del ejercicio, pero en los caballos con Síndrome Navicular no se observa este incremento en la temperatura en la porción caudal debido a la disminución en el flujo sanguíneo. Este es un ejemplo de una alteración que se observa en la termografía como una zona que no presenta un incremento de temperatura como sería el caso de fracturas de los procesos alares de la tercera falange o abscesos subsolares, los que se caracterizan por el incremento de temperatura en las zonas de mayor inflamación. En este caso se observa una disminución de la temperatura por la reducción del flujo sanguíneo al hueso navicular.^{4,11} La termografía se ha utilizado para comparar los hallazgos radiográficos de caballos con podotrocleosis, con respecto a la temperatura de la porción palmar de miembros torácicos. Encontrándose que entre más invaginaciones sinoviales existan, menor será la temperatura, por el bajo flujo sanguíneo después del ejercicio.¹³ La termografía se ha utilizado también para la

evaluación del casco desde el punto de vista de los herreros, para su adecuado balance, recorte y herraje.^{18,46}

4.1.3 Enfermedad articular

En daño articular, evaluado por termografía después de inducir artritis en las articulaciones del tarso y del carpo mediante la administración de anfotericina B (10mg) intraarticular, con la administración de acetato de metil prednisolona, 24 horas antes de la anfotericina B y en otros caballos 24 horas después de la inducción de la artritis, teniendo como testigo o control al miembro opuesto, se observó que en las articulaciones intercarpiana y tibiotarsal tardaron entre 25 y 40 días para volver a la temperatura basal anterior a la inducción de la artritis. Con base en este estudio se estableció que para regresar a la temperatura inicial, antes de inducir la artritis, tarda de 30 a 40 días aunque utilizemos antiinflamatorios esteroidales como la metil prednisolona.^{3,24}

La inflamación de las articulaciones produce un patrón térmico característico, la evaluación del aspecto dorsal es la mejor toma para evaluar la mayoría de las articulaciones. Generalmente una articulación normal está más fría si la comparamos con las estructuras que la rodean. Una excepción a esta regla es el corvejón, el cual tiene una línea vertical “punto caliente” a lo largo del aspecto medial que corresponde a la vena safena. Conforme la articulación se inflama el patrón térmico cambia a un aspecto oval con incremento de temperatura que se concentra sobre la articulación a lo ancho, y horizontalmente en el aspecto medial a lateral. En los estudios encaminados a correlacionar la respuesta inflamatoria, realizando mediciones por termografía en articulaciones con un daño severo, no se ha podido determinar una correlación específica entre la temperatura y el daño articular. La temperatura de la articulación parece estar relacionada a muchos factores: a) la cronicidad del problema, entre más crónico sea el problema, hay una menor intensidad en el patrón térmico; b) El grado de afección de las vellosidades sinoviales; c) El daño del cartílago y la presencia o ausencia de fragmentos osteocondrales. Estos factores interactúan de manera compleja y todos afectan la respuesta inflamatoria y la temperatura de la articulación. El grado en el cual cada uno afecta a esta respuesta, aún no se ha determinado. El patrón térmico de las articulaciones ha demostrado cambios hasta dos semanas antes de que ocurra manifestación clínica o signos de claudicación. De esta forma, la termografía se puede utilizar para ayudar en los programas de entrenamiento para detectar o prevenir afecciones más severas. Mediante la localización de inflamación antes de que haya signos clínicos evidentes, el programa de entrenamiento puede ser modificado para disminuir el

estrés en el área inflamada y así prevenir que se lesione más severamente esta región.^{4,11}

4.1.4 Osteoartritis

La termografía se utilizó en un estudio para evaluar osteoartritis en caballos Standardbred de carreras; de 20 caballos utilizados en este estudio, 5 caballos tuvieron un incremento en la temperatura en el aspecto medial de las articulaciones del tarso. Uno de los 5 presentaba claudicación obvia, los otros 4 tenían historia de que estaban por debajo de los tiempos requeridos para caballos de hipódromo,³

4.1.5 Afecciones de huesos largos

La termografía es de menor valor diagnóstico en la mayoría de los problemas de huesos largos. Debido a que la termografía evalúa la temperatura de la piel, el hueso necesita estar en mayor contacto con la piel para que afecte su temperatura. En consecuencia, los huesos están generalmente cubiertos con músculo y no pueden ser evaluados adecuadamente por termografía. Entre las afecciones comunes de huesos largos en equinos, la termografía ha tenido mayor uso en la evaluación de la enfermedad metacarpal dorsal.

Cañeras.- La enfermedad metacarpal dorsal también llamada “cañeras” se ha clasificado en tres grados. Grado 1) Caracterizada por la presencia de dolor a la palpación del tercer metacarpiano, aunque radiográficamente no hay evidencia de alteración ósea obvia. Grado 2) Caracterizado por dolor sobre el gran metacarpiano con evidencia radiográfica de un callo subperióstico. Grado 3) Se caracteriza por dolor en el tercer metacarpiano con evidencia radiográfica de fracturas por estrés o por fatiga. Los grados 2 y 3 son difíciles de distinguir o identificar y la confirmación radiográfica de una fractura por estrés puede no detectarse por dos a tres semanas. Las variaciones de temperatura pueden ayudar a diferenciar el grado 3 del grado 2 más tempranamente que las radiografías. El grado 1 y 2 se caracterizan por “puntos calientes” localizados en el tercio medio y dorsal del gran metacarpiano. El “punto caliente” generalmente es 1 a 2°C más caliente que los tejidos circundantes locales; en comparación, el grado 3 de la enfermedad tiene “puntos calientes” que no están localizados central y dorsalmente y generalmente se observan con las vistas lateral, medial y dorsal, estas áreas presentan incrementos de 2 a 3 grados con respecto a los tejidos de alrededor.^{4,11}

4.1.6 Afecciones a tendones

El patrón térmico normal de los tendones flexores es bilateralmente simétrico y está formado por zonas regulares. La temperatura más baja se localiza sobre el aspecto palmar o plantar de los tendones y las áreas periféricas cerca del carpo y del menudillo están aproximadamente 1°C más calientes. En tendinitis aguda, invariablemente existe un “punto caliente” sobre el área del tendón lesionado. Este “punto caliente” generalmente se puede detectar 2 semanas antes de que haya evidencia física de inflamación y dolor alrededor del tendón. Con esta capacidad mejorada de detección, las lesiones en tendones que tengan un significado clínico importante, se pueden identificar oportunamente y se pueden hacer ajustes al programa de entrenamiento para así prevenir un daño más severo a los tendones. Conforme el tendón se recupera, el patrón térmico se vuelve más uniforme pero permanece alterado si lo comparamos con un tendón normal. Al irse recuperando las lesiones, se va formando tejido cicatrizal y la piel sobre el área dañada va presentando disminución en la temperatura; mientras que la revascularización en el tendón permanece, va a existir un incremento en las emisiones de temperatura. Durante la evaluación de la cicatrización o recuperación, los cambios térmicos no se correlacionan con la reorganización estructural de la matriz del tendón, esto ya fue evaluado por ultrasonido diagnóstico. La razón es que conforme el tendón se va revascularizando, el patrón térmico se va difundiéndose, por lo tanto ya no se observa un “punto caliente”. Si se compara un tendón en recuperación con uno normal, se observa incremento en la temperatura del lesionado. El estrés mecánico en la porción proximal del tendón dañado puede agravar el daño preexistente.^{4,11}

4.1.7 Afecciones en ligamentos

La termografía en afecciones de ligamentos funciona de forma similar a la descrita en tendones lesionados. Los puntos calientes se observan centralmente al área afectada. Clínicamente, la termografía es de mayor utilidad cuando se trata de correlacionar si el aumento de temperatura está asociado con un ligamento que esté más sensible. Esto es verdad en el caso del ligamento suspensorio o del ligamento interóseo. Frecuentemente hay sensibilidad a la palpación en el cuerpo del ligamento. El significado clínico de esto puede ser cuestionable, pero por termografía se puede determinar si hay inflamación asociada con la sensibilidad. De igual manera, en los metacarpianos o metatarsianos rudimentarios o callo óseo en el gran metacarpiano, puede causar

una desmitis del ligamento suspensorio del menudillo. La termografía puede detectar si esta inflamación está asociada con el ligamento suspensorio en sus ramas medial y lateral al estar en contacto con los metacarpianos rudimentarios. Este criterio se puede aplicar a cualquier ligamento.^{4,11}

4.1.8 Detección de neurectomías

En estudios realizados en caballos neurectomizados del nervio digital palmar posterior, se detectó un incremento de temperatura en el área denervada y en un plazo de 3 a 6 semanas se regularizó el flujo sanguíneo local en el miembro afectado y fue difícil de diferenciar por termografía el miembro normal y el tratado. Posteriormente se administró Acetilpromacina I.V. (0.06mg/kg) y en la termografía se observó incremento en el patrón térmico del miembro normal y en el neurectomizado no se observó incremento; se reportan resultados similares en neurectomías del nervio digital posterior palmar.^{3,19}

4.1.9 Afecciones de músculos

En afecciones en músculos, la termografía ha demostrado ser una herramienta muy útil, ya que existe una estrecha correlación entre los sitios de dolor y la apariencia termográfica. Las cámaras de termografía que usan detectores infrarrojos son las mejores pero son caras. Las cámaras de contacto y los termómetros infrarrojos son buenas alternativas. La termografía de contacto muestra la distribución del patrón de temperatura, mientras que los termómetros infrarrojos se pueden utilizar para comparar la diferencia de temperatura entre un lado y el opuesto. Si hay diferencias superiores a 1°C se van a considerar significativas.³¹

La termografía tiene su mayor aplicación clínica en la evaluación de afecciones a músculos en forma individual, aunque son difíciles de diagnosticar. Aunque la elevación de enzimas de músculo en el suero puede indicar en forma no específica daño muscular, el daño a músculos específicos puede ser difícil de lograr. La termografía ofrece dos tipos de información muy importante en la evaluación de daño a músculos: puede localizar un área de inflamación asociada con un músculo o grupo de músculos y puede mostrar áreas de atrofia antes de que éstas se observen clínicamente. La inflamación de los músculos que más comunmente se observa termográficamente como “puntos calientes” en la piel directamente, es sobre las áreas de músculos afectados. Es muy raro que la inflamación y el edema en un músculo afectado sean tan severos como para disminuir el flujo sanguíneo a través del músculo; en este caso, el músculo

afectado se observa por termografía como un “punto frío”. La evaluación termográfica de músculos se debe de hacer en forma comparativa pareada, esto es, comparando el lado derecho con el izquierdo, las imágenes pueden ser muy parecidas y las variaciones presentes entre un lado y el otro, sugieren daño muscular localizado, ya sea como un “punto caliente” o como un “punto frío”. La causa más común de inflamación muscular es la distensión del músculo y la podemos clasificar en grado primario, secundario o terciario dependiendo de la severidad, esto ya se ha descrito en los atletas humanos, y este criterio se puede aplicar a caballos. Estas distensiones no se han documentado en los miembros anteriores; algunos autores han identificado miopatías en los pectorales y en el hombro. La descripción termográfica de los estiramientos musculares de la espalda y de los músculos de los miembros posteriores ya se han descrito adecuadamente clasificándolos como miopatías del longissimus, el origen del glúteo medio a nivel sacro-ileaco y el cuerpo del glúteo medio, en la inserción de los glúteos sobre el trocánter mayor y el tercer trocánter del fémur. Las miopatías caudales consisten en daño al bíceps femoral y a los músculos semitendinoso y semimembranoso. El daño al bíceps femoral y al semimembranoso se observan más comúnmente en el cuerpo medio del músculo, pero el daño al semitendinoso se observa más a nivel de su unión.^{4,9,11,18,41}

4.1.10 Columna vertebral

El diagnóstico de afecciones de la columna vertebral como luxaciones, subluxaciones y fracturas, se pueden detectar por termografía. Muchas de estas afecciones no son bien diagnosticadas o el diagnóstico se retrasa porque las radiografías de la columna vertebral son difíciles y en ocasiones pueden requerir de anestesia general. La termografía ofrece la ventaja de que se pueden realizar evaluaciones con el caballo de pie. En los casos en que se sospeche algún problema en esta zona, se podría utilizar como una evaluación general antes de decidir si se va a enviar para evaluación radiográfica, ya que anestesiarse a un caballo con afección en columna vertebral puede traer complicaciones. Las afecciones en la columna vertebral se caracterizan ya sea por “puntos calientes” o por “puntos fríos”. La evaluación termográfica se realiza en el animal, “vista dorsal”. Para el tórax, área lumbar y área de las vértebras sacras. Las tomas se pueden obtener del lado izquierdo y derecho para evaluar las vértebras cervicales. El daño generalmente se localiza sobre la línea media. El patrón térmico se relaciona directamente con el sitio de lesión. Los “puntos fríos” sobre la columna vertebral, al igual que en otras áreas, no se asocia con problemas crónicos; estos puntos sugieren daño severo, con marcada

inflamación, que puede afectar la inervación autónoma. En la columna vertebral se observan cambios de temperatura característicos denominados “marcas de raíz”, que son incrementos lineares de temperatura que van a seguir la raíz de un nervio de la columna vertebral. Teóricamente, se van a presentar porque hay una irritación de los nervios simpáticos normales. Estos pueden involucrar la raíz simpática completa y afectar incrementando la temperatura todo ese lado, como se ha observado en el Síndrome de Horner. Se ha reportado la termografía como un buen método para evaluar la funcionalidad del sistema nervioso simpático, ya que la pérdida del tono simpático va a dar como resultado en vasodilatación con incremento de 1°C a 3°C en la temperatura de la piel de el área afectada. ^{4,8,9,14,16,29}

4.1.11 Síndrome de Horner

En la inducción quirúrgica del Síndrome de Horner se aisló y cortó el tronco simpático, se comparó con el lado opuesto de la cara y el afectado mostró un incremento de temperatura por 6 a 12 semanas, en otros casos, se reparó el daño y en menos de 5 días no se podía establecer mediante termografía la diferencia entre el lado afectado y el opuesto. Debido a la falta de respuesta simpática en el lado afectado, se podía identificar mediante la administración de 0.3ml de acetilpromacima IV aproximadamente a los 10 minutos de administrada, mostrando un incremento de temperatura por el efecto del medicamento, que produce una vasodilatación causando el incremento en la temperatura, mientras que el lado afectado no hubo respuesta por la ausencia de tono simpático. Con la administración I.V. de 1 mg de epinefrina se incrementó el patrón térmico del lado neurectomizado o denervado. ^{1,3}

La termografía se ha utilizado con éxito en el dolor de espalda, trombosis vascular, cirugías previas, exámenes de compra y evaluación de terapia de antiinflamatorios. La termografía también se ha utilizado exitosamente en la evaluación cuantitativa y cualitativa de fenilbutazona, hidrocortisona, benzidamina, cataplasmas de antiflogistine y en la evaluación de inflamación inducida por la inyección subcutánea de yodo, después de la recuperación y de la ausencia de signos clínicos y/o claudicación, las alteraciones termográficas duraron hasta 4 a 8 días posteriores a su aplicación. ^{1,3}

La termografía no debe ser considerada como un sustituto de la radiología, gammagrafía y ultrasonografía, sino como una herramienta más de diagnóstico.

4.1.12 Viabilidad intestinal

La termografía se ha utilizado para evaluar viabilidad intestinal. Después de ocasionar un daño por isquemia, para poder predecir la viabilidad de una porción de intestino dañado después de que hay revascularización de un segmento de intestino o liberar un pedazo de intestino después de una obstrucción o torsión, representa un problema clínico.^{5,6,10,24}

Una consideración muy importante, es que la inadecuada resección intestinal puede llevar a una falla en la anastomosis, predisponiendo al “Síndrome de Mala Absorción” (“intestino corto”). Se recomienda en un período de 30 minutos después de corregir la causa de isquemia, evaluar el intestino por medio de termografía. Si el intestino no se revasculariza en este tiempo, quiere decir que ya no será viable, por el contrario, si hay revascularización va a haber de 1 a 3°C (1.8 a 5.4°F) de diferencia de temperatura entre el borde mesentérico y el borde antimesentérico. Si la diferencia es menor de 0.5°C (0.9°F), el segmento no será viable. Una diferencia térmica entre los bordes mesentéricos de intestino afectado y no afectado de más de 1.5°C (2.7°F), indican que la revascularización no ha ocurrido.²⁶

4.1.13 Alteraciones oftálmicas

Se ha utilizado la termografía como una herramienta de ayuda en el diagnóstico de alteraciones oftalmológicas, localización de sitios para biopsias, diferenciación de disfunciones endócrinas, identificación de tumores benignos y malignos como causas de exoftalmia unilateral, así como para la evaluación de cicatrización postquirúrgica²⁸

4.1.14 Usos varios de termografía

Se ha utilizado la termografía para la detección de sustancias irritantes, aplicadas alrededor del ano y en la región perianal para que el caballo levante la cola en competencias donde se evalúa esto. Estas sustancias provocan cambio en el patrón térmico de la región anal y perianal.^{7,12}

Por otro lado, existen reportes de otro tipo de prácticas en donde se utilizaron contrairritantes (yodo de mercurio al 10%) locales, así como la inyección intradermal de sustancias irritantes, bloqueos químicos o neurectomías, así como la colocación bajo las vendas de protección de objetos metálicos (tachuelas, corcholatas, etc.), para mejorar el desempeño de estos caballos. Estas prácticas fraudulentas no son fáciles de demostrar y algunas podrían

escapar a las evaluaciones que se hacen de rutina. En estos casos la termografía ha demostrado ser de utilidad.^{7,12}

La termografía se ha utilizado también para evaluar cambios de temperatura después de la aplicación de medicamentos vasodilatadores (isoxuprina),^{15,40} evaluación de medicamentos antiinflamatorios, parenterales u orales, problemas en espalda y monitoreo de atletas.²⁹ En la evaluación del ajuste del albardón al caballo^{19,20}, evaluaciones antes de la carrera, tumores testiculares, evaluación de articulación temporomandibular, problemas dentales y cefaleas crónicas.^{17,12}

Se reportan los porcentajes de utilidad, así como categorización: problemas en espalda y miembros posteriores 151 de 254 (59%); Caballos de alto rendimiento y examen de compra 58 de 254 casos (23%); evaluación de miembros torácicos 45 de 254 (18%) y extremidades posteriores porción superior 152 de 254 (59%).³⁰

4.1.15 Otras Aplicaciones de la termografía

Tiene múltiples aplicaciones a nivel industrial, como por ejemplo para detectar el calentamiento de equipo industrial³⁶, también en reacciones a vacunas en la tabla del cuello¹⁹, diagnóstico de radiación en el cuerpo³⁹, abscesos en la raíz de muelas y otras afecciones dentales^{20,47}, monitoreo de los ciclos reproductivos en hembras y para determinar gestación en algunas especies⁴⁷, para realizar censos y estudiar el comportamiento y los movimientos de los animales en la oscuridad⁴⁸, detectar acupuntura o inyecciones²⁰, afecciones en los testículos cuando están calientes en lugar de estar fríos (deben estar 2-3°C más fríos que el resto del cuerpo)²⁰, evaluación de procesos inflamatorios tratados con infrasonido terapéutico⁴⁴, evaluación y monitoreo de heridas de forma no invasiva⁴⁷, bloqueos de nervios 20 minutos antes de alguna competencia (se observan puntos calientes localizados en el área del bloqueo), detección de lesiones en animales difíciles de manejar para evitar el estrés.⁴⁷

En 1996 se usó en las Olimpiadas como ayuda en el diagnóstico de claudicaciones.^{21,46} Algunas compañías de equipos de termografía ofrecen una base de datos que se pueden usar para comparar lesiones y poder ayudar a comprender mejor si se trata de lesiones o artefactos.²¹

En la enfermedad de Page en humanos (*enfermedad del hueso*), se puede monitorear la terapia con calcitonina y bifosfato mediante termografía, cuando

se presenta una caída del índice térmico sucede antes de que haya reincidencia clínica y cuando hay incremento significa remisión (*Ring and Davis*)1990.

Conforme la tecnología avanza, la capacidad para incrementar y mejorar las técnicas de diagnóstico en los equinos ha ido mejorando sustancialmente y los diagnósticos continúan mejorando. Es importante recordar que ninguna de las nuevas técnicas de diagnóstico por imagen van a poder reemplazar o ser usadas en forma separada del examen clínico; cada técnica de diagnóstico nos va a proporcionar información única y específica y cada una de ellas va a tener sus propias limitantes. Las radiografías, generalmente evalúan cambios morfológicos en huesos. Para identificar estos cambios, en ocasiones, como es el caso de las fracturas, se requiere tomar placas radiográficas nuevamente de 10 a 14 días para que la fractura sea evidente. La termografía esencialmente proporciona imágenes de la inflamación, la cual generalmente presenta dolor; a este respecto, la termografía ayuda a determinar si hay cambios radiográficos asociados con inflamación, por lo tanto, ayudarnos a determinar la posible causa de la claudicación. La termografía y el ultrasonido son complementarios; aunque la termografía puede ser utilizada para localizar una lesión, el ultrasonido evalúa la morfología de las estructuras afectadas y el tamaño y la forma de la lesión. El ultrasonido puede utilizarse para seguir el proceso de cicatrización, la termografía evalúa cuando el proceso inflamatorio ha terminado.

4.1.16 Desventajas de la termografía

Las lesiones que son muy profundas no se van a ver reflejadas en el cambio de temperatura de la piel, por lo tanto no habrá evidencia termográfica, no puede delinear los patrones térmicos de estructuras más profundas. Esto se puede volver un problema al evaluar áreas muy musculosas, sin embargo, se han desarrollado otras técnicas para evaluar patrones térmicos de estructuras profundas, un método es la *tomografía termográfica*, en la que los pacientes son sometidos a cambios de temperatura ambiental por períodos de 10 a 20 minutos y estos cambios en los patrones térmicos se analizan y procesan en una computadora digital parecida a la que se usa para tomografía axial computarizada. Los resultados son reconstruidos y simulan imágenes térmicas en tercera dimensión observadas en el tubo de rayos catódicos. Otro método para detectar patrones térmicos más profundos es el uso de *longitud de onda infrarroja* de milímetros y centímetros en conjunción con longitudes de onda infrarrojas para analizar los patrones térmicos de un objeto. La longitud de onda infrarroja puede detectar cambios de temperatura que son el resultado de

vascularidad e hipertermia difusa de la superficie, mientras que la longitud de onda en milímetros y centímetros puede detectar hipertermia profunda.²⁶ Los costos del equipo son altos, se requiere entrenamiento y experiencia.

Algunos factores que pueden afectar la interpretación de los termogramas son: cicatrices, áreas de fibrosis, pelo largo, quemaduras, aceites, linimentos, contrairritantes, vendajes, anestesia local, tranquilizantes, vasodilatadores, la administración de acetil promacina (0.06mg/kg) ya que tiene un efecto vasodilatador en los miembros torácicos y pelvianos, el uso de inyecciones I.V. de epinefrina (1mg.) que provocan vasoconstricción de ambos miembros torácicos y pélvicos³, corrientes de aire frío o caliente.¹

En climas extremos, muy fríos o muy calientes, se va a requerir de un cuarto con el ambiente controlado para realizar las evaluaciones termográficas.¹

Otra desventaja son los costos de los detectores de tierras raras, los equipos de termografía de contacto deben tener un contacto adecuado y uniforme con las diferentes partes del cuerpo y el uso de detectores piroeléctricos consumen mucho tiempo. La termografía proporciona información poco específica, ya que nos da información acerca de las estructuras involucradas. La termografía es poco específica en la localización de una lesión comparándola con el ultrasonido diagnóstico.

La correlación entre el patrón térmico y la severidad de la lesión es pobre, durante la cicatrización, los cambios en el patrón térmico no se correlacionan con la reorganización estructural del ligamento o tendón como se puede ver con el ultrasonido, se deben combinar estas dos herramientas de diagnóstico para mejores resultados.²³

No se pueden realizar termografías a la luz del sol, ya que los termogramas no serían confiables, por la influencia del calor sobre el área evaluada.

5. Consideraciones para obtener termogramas diagnósticos

Para obtener termogramas diagnósticos es importante dejar a los caballos al menos 15 minutos antes de ser evaluados para que se aclimaten, especialmente si son transportados de la caballeriza a otro lugar, ya que el ejercicio que realizan al desplazarse genera calor y este puede darnos falsos positivos.¹

Comparar las lecturas con el miembro opuesto es de gran utilidad ya que existe un alto grado de correlación izquierda con derecha y simetría en las emisiones de calor y también existe una correlación entre miembro torácico y miembro pelviano, distal al carpo y distal al tarso .^{1,3}

Aunque el patrón térmico sea similar en un grupo de caballos, 2 caballos pueden no tener exactamente el mismo patrón térmico.¹ Los cambios en el patrón térmico, nos van a indicar una alteración localizada, pero no la causa o el tipo de lesión. Una buena historia clínica y el conocimiento de la anatomía de la región, nos va a facilitar el diagnóstico¹.

Cuando el incremento de temperatura es mayor a 1 °C del normal o del miembro opuesto, se puede sospechar de una lesión y a ésta área diferente se le conoce como “punto caliente”.

Por otro lado, podemos observar mediante termografía otras alteraciones representadas por un “punto frío”, si este punto está rodeado por áreas con incremento de temperatura, esto se lo podemos atribuir a áreas con edema, disminución en la circulación capilar, trombosis local capilar y el efecto local de sustancias vasoactivas.^{1,2} El flujo sanguíneo se puede afectar por inflamación, atrofia, neoplasias o lesiones neurológicas, principalmente del suministro autónomo de la piel.² En un dermatomo pueden existir áreas muy grandes y pueden ser más frías de lo normal por la presión o irritación de sus fibras eferentes, esto da como resultado una sobreactividad simpática, vasoconstricción y disminución en la producción de calor en el trayecto de la zona del nervio afectado. Este mismo principio aplica para un nervio periférico o área distal a una lesión, estos cambios térmicos pueden ser evidentes dentro de las primeras 72 horas después del traumatismo o daño, mientras que los cambios detectables por electromiografía, que miden la actividad eléctrica^{1,2} van a tardar de 3 a 4 semanas en aparecer. Las lesiones fibróticas crónicas pueden estar más frías debido a una interferencia vascular. ¹

Es muy importante saber que el metabolismo de los tejidos es generalmente constante , por lo tanto las variaciones en la temperatura de la piel usualmente son el resultado de cambios en la perfusión de los tejidos locales.

Normalmente, las venas presentan más temperatura que las arterias porque éstas están drenando áreas metabólicamente activas. Las venas superficiales calientan más la piel que las arterias superficiales, y el drenaje venoso de tejidos u órganos con una tasa metabólica alta van a estar más calientes que aquellas que

tiene un drenaje normal de los tejidos.^{4,26} El patrón circulatorio y el flujo sanguíneo van a ser los que reflejen el patrón térmico, el cual es la base de la interpretación termográfica.⁴ El patrón térmico de cada área se puede predecir en base a su vascularidad. La piel que está sobre grandes masas musculares está sujeta a un incremento de temperatura durante la actividad muscular. Con base a estos hallazgos se pueden realizar algunas generalidades respecto a algunos patrones térmicos en el equino: a lo largo de la línea media está generalmente más caliente incluyendo la espalda, el pecho y entre las extremidades posteriores, el patrón térmico en las extremidades sigue la ruta de los grandes vasos, la vena cefálica en los miembros torácicos y la vena safena en los miembros pelvianos.

En la toma dorsal del miembro distal (metacarpo o metatarso), menudillo, y cuartilla parecen verse más frías por estar alejadas de los grandes vasos sanguíneos. Termográficamente hablando las áreas con mayor temperatura en el miembro distal, van a ser aquellas que están alrededor de plexos arteriovenosos de la banda coronaria y laminar localizados proximalmente en el casco. Normalmente, hay un incremento de temperatura entre el tercer metacarpiano y los tendones flexores, este sigue la ruta de la vena medial palmar en el miembro torácico, y la vena metatarsiana en el miembro pelviano. En el casco el área con mayor temperatura es la banda coronaria. En el aspecto palmar y/o plantar los tendones están relativamente fríos y el área de mayor temperatura sería entre los talones a lo largo de la línea media.

El conocimiento de la anatomía de la región nos ayuda a realizar mejores termogramas.

6. Objetivo

Determinar la asociación entre los golpes ocasionados por derribes de obstáculos y el cambio de temperatura de las extremidades torácicas (distal al carpo) y pelvianas (distal al tarso) de caballos, durante las competencias de salto de obstáculos.

7. Hipótesis

En los caballos de salto que golpean y derriban obstáculos, la temperatura de las extremidades involucradas, aumenta cuando menos 1°C.

8. Material y métodos

El presente estudio se llevó a cabo durante la primavera del año 2000, con una muestra disponible de 23 caballos de salto, de 500 kg de peso corporal en promedio, en un nivel de competencia de 1.05 m a 1.60 m de altura, sin distinción de sexo, raza o alzada, localizados en un club hípico en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México, a 540 m s.n.m; 27° 49' latitud norte y 23°11' sur; 98°26' longitud este y 101°14' oeste (INEGI).

El propósito del estudio fue determinar si los golpes en las extremidades de los caballos de salto, producen aumento de la temperatura del área golpeada. Para ello, se obtuvieron registros termográficos durante cinco días de observación (basal día₀ y cuatro días subsecuentes), de seis áreas anatómicas (unidad de análisis) Tercio proximal de la caña (**TPC**), Tercio medio de la caña (**TMC**), Tercio distal de la caña (**TDC**), Menudillo (**Menudillo**), Cuartilla (**Cuartilla**) y Casco (**Casco**), de cada uno de los cuatro miembros (miembro anterior derecho (**MAD**), Miembro anterior izquierdo (**MAI**), Miembro posterior derecho (**MPD**) y Miembro posterior izquierdo (**MPI**) de los 23 caballos de la muestra (N = 2208). **Figura 1**

A partir de los registros, se calcularon estimadores de tendencia central y variabilidad bajo exposición al factor de riesgo (golpes), para la diferencia de temperatura entre dos días subsecuentes (día₁ – basal, día₂ – día₁, etc.), en las distintas extremidades (cuadro 6, figura 3) y entre sus áreas (cuadro 7, figura 2), tomando como criterio de inclusión o valor de corte, 1°C para la identificación de los casos (áreas con $\geq 1^\circ\text{C}$) y los no casos (áreas con $< 1^\circ\text{C}$).

8.1 Caracterización de casos, no casos y exposición

Cada registro termográfico de las áreas de estudio se clasificó a partir de dos factores:

- a) Incremento de temperatura.
- b) Condición de golpeo durante el salto. Cada factor citado presentó 2 variantes. Para el incremento de temperatura, éste pudo haber sido de por lo menos 1°C (CASO) o menor a 1°C (NO CASO). Para la condición de golpe, las variantes fueron todo registro de áreas golpeadas durante los días de observación (EXPUESTO) y los de áreas no golpeadas (NO EXPUESTO).

La combinación de las variantes mencionadas produjo cuatro condiciones observadas en el estudio:

- a) casos positivo: área golpeada con incremento mínimo de 1°C.
- b) caso no expuesto: área no golpeada con incremento mínimo de 1°C
- c) no caso expuesto: área golpeada con incremento menor a 1°C
- d) no caso no expuesto: área no golpeada con incremento menor a 1°C

8.2 Plan de análisis

El riesgo de que una área de cualquier extremidad estudiada incrementara su temperatura por lo menos 1°C entre dos días sucesivos, se determinó por la razón de momios simple (OR), a partir de las frecuencias totales (cuadro 1), esta medida indica el porcentaje de riesgo de incremento de temperatura que es mayor entre las áreas golpeadas respecto de las no golpeadas. Para controlar otros posibles factores influyentes sobre el incremento de la temperatura (variables confusoras), los resultados se estratificaron por: a) días de exposición, b) extremidad del caballo, c) área de cada extremidad, para cada uno de los cuales se realizó la prueba Jí de Mantel-Haenszel (X_{MH}), se ajustó el riesgo correspondiente (OR_{MH}) y se calculó el intervalo de confianza del 95% para dicho riesgo ($CI_{0.95}$). Con este ajuste se determinó la importancia de cada condición estratificada.

Con las frecuencias totales observadas se determinaron proporciones simples y fracciones etiológicas (prevenibles): general (fep) y entre expuestos (fee); así mismo, se determinó la sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos positivo y negativo del procedimiento de diagnóstico (Cuadro 1) y, cuando el riesgo resultó estadísticamente significativo, se realizó el análisis independiente de residuos estandarizados (rs_i) (cuadro 5), entre días (cuadro 2), entre extremidades (cuadro 3) y entre áreas de las extremidades (cuadro 4), con lo que se determinó en qué estrato ocurrió la mayor proporción de casos.

8.3 Equipo de termografía

Se utilizó una cámara portátil DTIS-500 Emerge Vision², con un espectro de respuesta de 7 a 14 micrones, rango de foco de 0.2m. al infinito y rango de la temperatura de operación de 0°C a 60°C. Esta cámara tiene la capacidad de grabar las imágenes en una tarjeta de memoria para 57 imágenes (8 MB). Una vez salvadas en la tarjeta, las imágenes se bajan a una computadora portátil para procesarse con el programa de diagnóstico de imágenes, el cual muestra los cambios de temperatura entre 2 regiones previamente seleccionadas de la imagen o termograma.

Se evaluaron los 23 caballos durante 4 días subsecuentes de competencia, además de una lectura inicial (día 0). Se estudiaron las imágenes termográficas de 6 áreas de los miembros torácicos y pelvianos, en tomas dorsales (figura 1).

8.4 Protocolo de evaluación termográfica

Los registros termográficos de los 23 caballos se obtuvieron con la cámara de termografía durante cada uno de los 4 días de competencia, se registró la temperatura basal antes de las competencias. Previo a la evaluación termográfica, se retiraban las vendas de descanso; si había barro o lodo, se lavaba con agua y cepillo cuando menos 30 minutos antes del procedimiento para permitir que se disipara el calor producido por el lavado o cepillado antes de que se realizara la evaluación termográfica. Todas las lecturas se obtuvieron a una distancia de 1-1.5m del caballo. Para controlar el efecto de la temperatura ambiental, todas las evaluaciones fueron realizadas fuera de la caballeriza de cada caballo aproximadamente a la misma hora (5:00am–8:00am) evitando focos, corrientes de aire, luz solar, etc. Ningún caballo fue tranquilizado durante el procedimiento de evaluación. Aunque hubo fluctuaciones de temperatura durante los días de evaluación, el promedio de ésta fue de 20.5°C (19°C - 22°C).

Se realizó la evaluación termográfica de las extremidades de cada caballo antes de que concursara (temperatura basal: día 0), y posteriormente cada mañana antes de la competencia los 4 días subsecuentes. Si algún caballo era eliminado o terminaba de competir y tenía que retirarse, se realizaba la evaluación termográfica ese día por la noche para tener su última lectura. De igual manera evitando focos, corrientes de aire, luz solar, etc. que pudieran afectar la lectura.

² Emerge vision Systems, Sebastian, Florida , USA

Diariamente se registraba la temperatura antes de empezar a realizar las termografías con un termómetro de precisión.³

Las termografías de cada caballo se identificaron y grabaron en una tarjeta de memoria para posteriormente descargarse en una computadora personal y ser procesadas con el programa de diagnóstico de imágenes.²

8.5 Protocolo de filmación

Después de la evaluación termográfica de la mañana, se revisaban las listas de competencia de ese día para saber la programación (pista y hora de competencia) de los caballos en estudio y así estar en las pistas a la hora que competían y ahí poder filmarlos con una cámara de video.⁴ Posteriormente se revisaron todos los videos obtenidos en cámara lenta para así determinar si el caballo había rehusado, pasado sin derribar algún obstáculo o con qué miembros había derribado.

² **Emerge vision Systems, Sebastian, Florida , USA**

³ ***Precision-Hygrometer germany.***

⁴ **Sony Electronics Inc. 680Kinderkamck Road, Oradell, NJ 07649 USA**

9. Resultados

Durante el presente estudio existieron fluctuaciones de temperatura entre 19°C y 22°C con una media de 20.5°C; lo cual cae dentro de los parámetros establecidos para la obtención de termogramas diagnósticos.

El 21.6 % (*prevalencia de casos:477/2208*) de los registros termográficos observados, fueron casos (áreas con aumento de por lo menos 1°C).

El 46.74% (*prevalencia de exposición:1032/2208*) correspondió a sujetos expuestos a golpes.

La proporción total de casos expuestos (golpeados, con aumento de por lo menos 1°C) fue 12.59% (278/2208) (cuadro 1).

El riesgo simple de que la temperatura de una área en cualquier extremidad, en cualquier día, se haya incrementado por lo menos 1°C, después de un golpe durante el salto, fue: OR= 1.81; [CI_{0.95} (1.48, 2.22)]; X_{MH}= 5.705; P= 0.0000.

El riesgo ajustado por *día* fue: OR_{MH}= 1.65; [CI_{0.95} (1.33, 2.04)]; X_{MH}= 4.6; P= 0.0000. La diferencia entre los valores de riesgo simple y ajustado, fue significativa para el total de casos entre días (X_{MH, 3 g.l.}= 7.5016; P= 0.0001).

Así, entre los golpeados (1032), la mayor proporción de casos ocurrió el día tres (42.31%; $p= 132/312$; $r_{si}= 6.119$; P= 0.0000) y la mínima el día uno (10.71%; $p= 18/168$; $r_{si}= -4.74$; P= 0.0000), no observándose diferencias significativas entre éstos y los días dos y cuatro (P>0.05) respectivamente (cuadro 2).

El riesgo ajustado por *extremidad*, independientemente del día y del área de estudio fue: OR_{MH}= 1.81; [CI_{0.95} (1.476, 2.299)]; (X_{MH}= 5.703; P=0.0000). La igualdad entre los valores de riesgo ajustado y el simple indica que las extremidades no influyeron de manera distinta sobre el riesgo de aumento de temperatura. Las proporciones de casos entre las extremidades, no fueron significativamente distintas entre los días (X_{MH,3.g.l.}=1.1156; P= 0.7423) (cuadro 3).

Asimismo, el riesgo ajustado por *área*, independientemente de la extremidad o el día de estudio fue: OR_{MH}= 1.849; [CI_{0.95} (1.498, 2.2982)]; X_{MH}= 5.724; P= 0.0000. El riesgo de aumento de la temperatura por golpes fue importante entre

las áreas ($X_{MH, 5 g.l.}=4.4907$; $P= 0.00012$), siendo éste 85% mayor en las golpeadas, que en las no golpeadas. Más aún, entre las áreas golpeadas (1032), se observó la mayor proporción de casos en la Caña Media (43.88%; $p= 60/172$; $r_{si} = 2.349$; $P = 0.01$) y la menor en el Casco (13.37%; $p= 23/172$; $r_{si} = -4.01$; $P = 0.0000$), no observándose diferencias estadísticamente significativas con y entre las áreas restantes ($P>0.05$) (cuadro 4).

10. Discusión

Como resultado del análisis se puede decir, en general, que si cualquier área de una extremidad recibe un golpe durante el salto, el riesgo de que aumente su temperatura, por lo menos 1°C, respecto de su condición en el día anterior, es significativamente mayor que en las áreas que no se golpean ($OR = 1.81$). Dicho riesgo se modifica diferencialmente entre los días de exposición a los golpes ($OR_{MH} = 1.65$), así como entre las distintas áreas de golpeo ($OR_{MH} = 1.849$) y, aunque también entre las extremidades, el riesgo asociado a éstas no difiere significativamente del global ($OR_{MH} = 1.81$).

El análisis epidemiológico de las proporciones observadas indica, que si los caballos no se golpearan durante el salto, la proporción de casos se habría reducido 26.10% (*fracción etiológica poblacional, fep*) en la población general, es decir que si no hubiera golpes durante el salto, el porcentaje de áreas con aumento mínimo de 1°C sería de casi 16% ($21.6\% - (26.10 \times 21.6)\%$), mientras que si se hubieran evitado los golpes entre las áreas que los recibieron, independientemente de la extremidad o del día en que recibió el golpe, se habría reducido 44.8% (*fracción etiológica en expuestos, fee*) de lecturas con incremento mínimo de 1°C. (de 12.59% a 6.95%).

Se puede afirmar que para esta condición clínica, la termografía como recurso diagnóstico, identificó con igual eficacia tanto a las áreas golpeadas con aumento mínimo de 1°C (*sensibilidad* = 0.5828), como a las no golpeadas con aumento menor de 1°C (*especificidad* = 0.5648), y que tal vez son necesarios criterios adicionales al aumento de temperatura, como cuestionar si el valor de la temperatura de cuando menos 1°C como punto de corte es apropiado o es muy alto para identificar correctamente tanto a los casos golpeados, como a los no golpeados.

La cámara de termografía, identifica de manera similar tanto a los casos golpeados como a los no casos no golpeados.

La cámara de termografía pronostica mejor el incremento de temperatura menor a 1°C en los no golpeados (valor predictivo negativo=0.831) que en los golpeados (valor predictivo positivo=0.269).

Los resultados obtenidos en este trabajo son alentadores, ya que el objetivo del trabajo fue determinar, si cuando un caballo derribaba obstáculos, golpeando con sus extremidades presentaría o no un incremento de temperatura asociado al

golpe, considerando al calor como un signo de inflamación, capaz de ser detectado por la cámara de termografía. Pero desafortunadamente al realizar este tipo de estudios de campo los investigadores tienen algunas limitantes que podrían estar asociados a los resultados obtenidos y que pudieran haber tenido influencia en los mismos. Durante el presente estudio, no se tuvo un control estricto de los posibles tratamientos dados por los veterinarios, caballerangos, entrenadores, etc., a los caballos antes, durante y después de la competencia, como es sabido cuando un caballo derriba obstáculos o se golpea se utilizan en ocasiones terapias a base de hielo, pomadas exotérmicas, sudores, etc. para disminuir el posible efecto del golpe y así permitir que el caballo continúe compitiendo. Sin embargo éstos, pudieran tener un efecto directo o indirecto sobre las evaluaciones termográficas realizadas a cada caballo durante los días de competencia. Como uno de los objetivos a largo plazo de estas investigaciones es evaluar nuevas herramientas alternativas para lograr la detección de prácticas fraudulentas, que se utilizan para mejorar el desempeño de los caballos en competencia. Los estudios preliminares se deben realizar bajo estas condiciones.

Los caballos incluidos en el estudio fueron filmados durante los recorridos que realizaban en las pistas y se determinó con qué extremidad derribaron, pero el área exacta con la que golpeó no siempre se pudo establecer; por lo que en futuros estudios sería importante considerar esto.

Por otro lado, durante las competencias de salto de obstáculos, los caballos antes de entrar a las pistas realizan algunos saltos de calentamiento, por lo que sería importante considerar si algunos de estos caballos tuvieron derribes o rehusos durante esta etapa de calentamiento que pudieran afectar sus termografías.

Se observó en este estudio, que los caballos que rehusaron, tuvieron incremento de temperatura de sus extremidades torácicas principalmente, posterior al rehuso, motivo por el cual fueron incluidos dentro del grupo de evaluaciones con incremento de temperatura sin que hayan derribado. Este incremento también podría atribuirse a derribes en la etapa de calentamiento o a tratamientos locales dados durante los días de competencia.

Existieron casos en que los caballos derribaron y rehusaron, por lo que hay un doble factor de riesgo para el incremento de temperatura.

Como podemos observar, aunque se siguieron las recomendaciones para la obtención de termogramas diagnósticos, de acuerdo a estudios previos, en cada diseño experimental se requiere analizar otros factores que pueden influir en los termogramas tales como los golpes durante el calentamiento, posibles tratamientos o procedimientos realizados durante la competencia que puedan influenciar los resultados obtenidos. Podemos decir que la termografía es una herramienta de diagnóstico, útil para la evaluación de cambios de temperatura en las extremidades de caballos de salto. Para precisar tanto la intensidad del golpe así como la ubicación exacta del golpe, es necesario diseñar métodos de registro más elaborados, que permitan tener un mejor control y así reducir la influencia de factores distractores en los termogramas.

La evaluación termográfica directa provee información inmediata, pero se requiere de experiencia, para evitar confundir artefactos o zonas con incremento de temperatura por su irrigación con lesiones. La evaluación con el programa de diagnóstico de imágenes por comparación de áreas es cuantitativo, indicándonos la diferencia entre 2 áreas, éste incrementa la eficiencia en el diagnóstico. La cámara proporciona la temperatura del área enfocada, reduciendo así el error humano. Siendo completamente portátil permite evaluar a cualquier caballo, en cualquier lugar únicamente cumpliendo algunas características para la obtención de termogramas diagnósticos.

Recientemente la termografía se ha utilizado para detectar el efecto de algunos procedimientos encaminados a mejorar el desempeño de los caballos durante las competencias, sin embargo debemos considerar que el incremento de temperatura que detecta la cámara de termografía podría ser causado por el efecto de algún tratamiento aplicado al caballo o debido a los golpes que este recibe en sus extremidades durante la competencia, por lo que se sugiere realizar más investigación al respecto para poder confirmar estas sospechas.

11. Conclusiones

1. Los golpes en los caballos de salto, son un factor significativo de riesgo que contribuye a incrementar la temperatura en el área golpeada.
2. Es necesario discriminar el valor de temperatura más apropiado como punto de corte para identificar de manera más precisa a los sujetos cuyo incremento a partir de dicho criterio de corte haya sido producido realmente por golpe apoyándose en criterios de diagnóstico adicionales.

FIGURAS

Figura 1 Distribución de las áreas evaluadas.

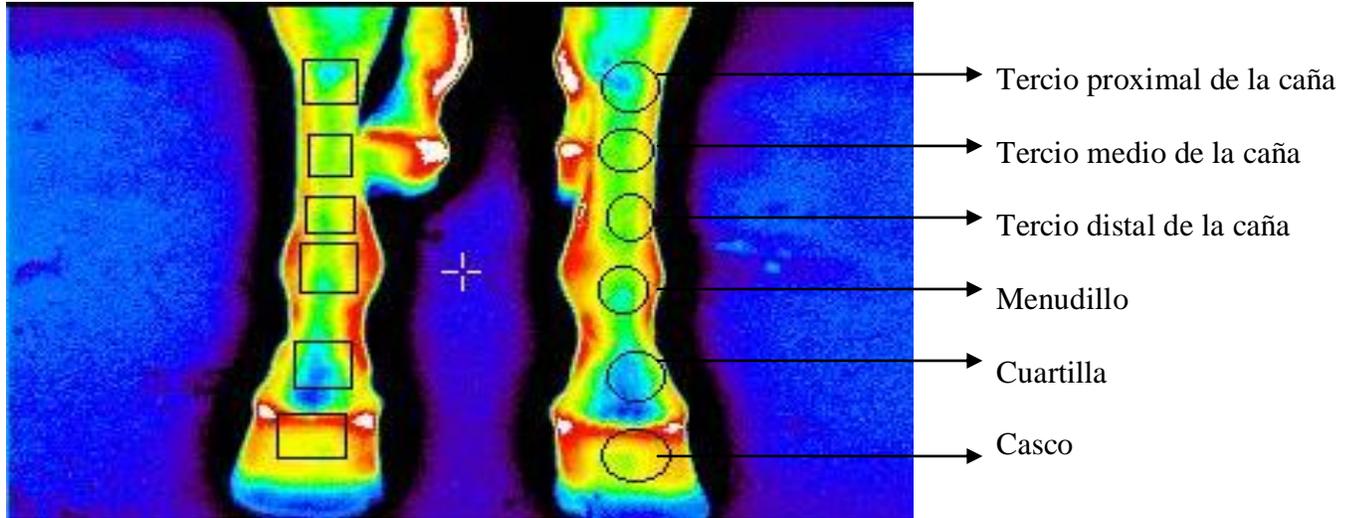


Figura 2. Incremento térmico promedio en áreas de extremidades de caballos de salto expuestos a golpe por derribo en días sucesivos.

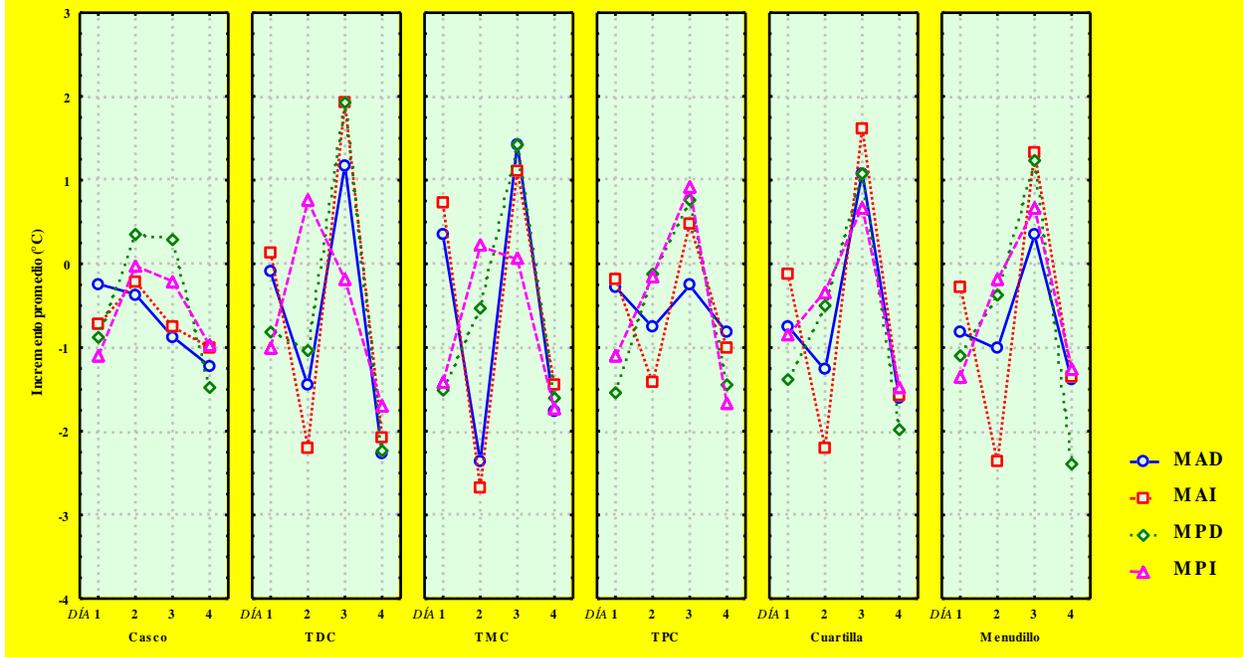
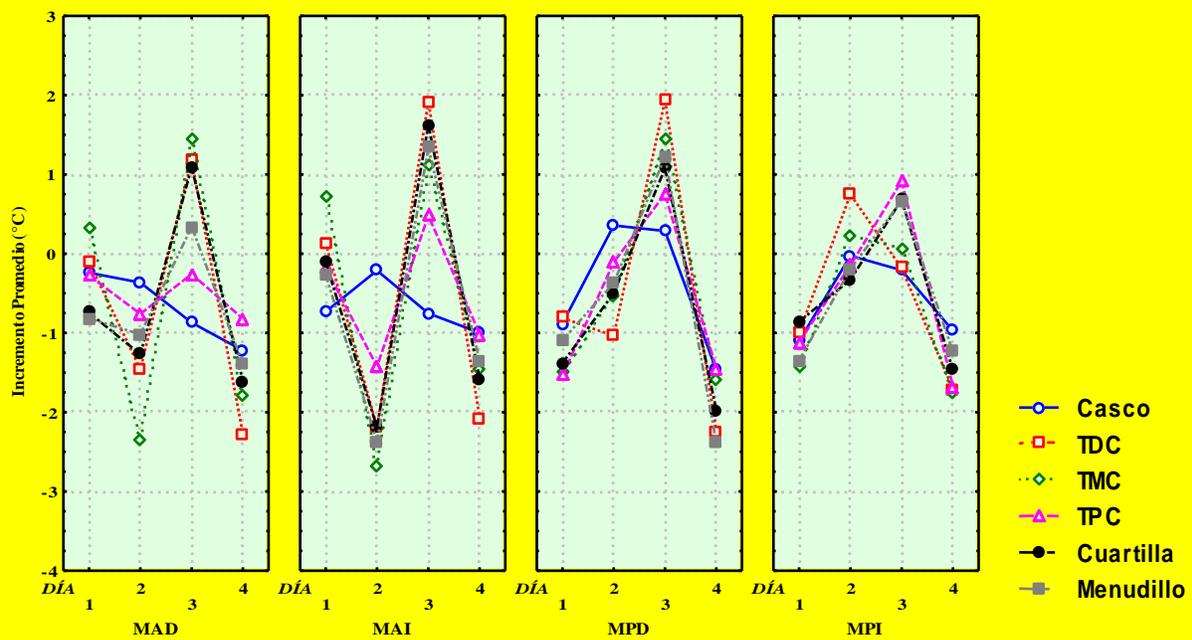


Figura 3. Incremento térmico promedio de áreas en extremidades de caballos de salto expuestos a golpe por derribo en días sucesivos.



CUADROS

Factor	Condición		
	Caso(al menos 1°C)	No caso(menor de 1°C)	Total
Expuesto (golpeado)	278	754	1032
No expuesto (no golpeado)	199	977	1176
Total	477	1731	2208

Riesgo entre golpeados: 0.269; (278/1032)

Riesgo entre no golpeados: 0.169; (199/1176)

Riesgo relativo(RR) : 1.592; (riesgo entre golpeados/riesgo entre no golpeados)

Razón de momios (OR): 1.81(278/754)/(199/977);[CI_{0.95}(1.48, 2.22)]; X_{MH} = 5.705; P = 0.0000

Prevalencia de casos (incremento de temperatura ≥ 1°C): 0.216; (477/2208)

Prevalencia de exposición (golpeados): 0.4674; (1032/2208)

Fracción etiológica poblacional: 0.261; (278/477)*(1-1/OR)

Fracción etiológica en expuestos: 0.448; (1-1/OR)

Valor predictivo positivo: 0.269; (278/1032)

Valor predictivo negativo: 0.831; (977/1176)

Sensibilidad: 0.583; (278/477)

Especificidad: 0.564; (977/1731)

Cuadro 1. Análisis simple de riesgo del incremento de temperatura en las extremidades de caballos de salto por exposición a golpes.

Factor	Día	Condición		Subtotal	Total
		Al menos 1°C (caso)	Menor de 1°C (no caso)		
Expuesto (golpeado)	1	18	150	168	1032
	2	71	241	312	
	3	132	180	312	
	4	57	183	240	
No expuesto (no golpeado)	1	70	314	384	1176
	2	45	195	240	
	3	53	187	240	
	4	31	281	312	
Total		477	1731	2208	2208

Razón de momios ajustada por día (OR_{MH}): 1.65; [CI_{0.95}(1.33, 2.04)]; X_{MH} = 4.6; P = 0.0000

Cuadro 2. Registros de casos en los que el riesgo resultó estadísticamente significativo, se realizó de manera independiente el análisis de proporciones de casos expuestos entre días.

Factor	Miembro	Condición		Total
		Caso(al menos 1°C)	No caso(menor de 1°C)	
Expuesto(golpeado)	MAD	65	193	258
	MAI	70	188	258
	MPD	70	188	258
	MPI	73	185	258
Total Golpeado		278	754	1032
No expuesto (no golpeado)	MAD	53	241	294
	MAI	54	240	294
	MPD	41	253	294
	MPI	51	243	294
Total No golpeado		199	977	1176
Total		477	1731	2208

Razón de momios ajustada por extremidad (miembro) (OR_{MH}): 1.81; $[CI_{0.95}(1.476, 2.299)]$; $X_{MH} = 5.703$; $P = 0.0000$

Cuadro 3. Registros de casos en los que el riesgo resultó estadísticamente significativo, se realizó de manera independiente el análisis de proporciones de casos expuestos entre extremidades.

Factor	Área	Temperatura		Total
		Al menos 1°C (caso)	Menor de 1°C (no caso)	
Expuesto (golpeado)	Casco	23	149	172
	TDC	55	117	172
	TMC	60	112	172
	TPC	50	122	172
	Cuartilla	43	129	172
	Menudillo	47	125	172
Total Golpeado		278	754	1032
No Expuesto (nogolpeado)	Casco	29	167	196
	TDC	29	167	196
	TMC	40	156	196
	TPC	35	161	196
	Cuartilla	37	159	196
	Menudillo	29	167	196
Total Limpio		199	977	1176
Total		477	1731	2208

Razón de momios ajustada por área del miembro (OR_{MH}): 1.849; $[CI_{0.95}(1.498, 2.2982)]$; $X_{MH} = 5.724$; $P = 0.0000$

Cuadro 4. En registros de casos en los que el riesgo resultó estadísticamente significativo, se realizó de manera independiente el análisis de proporciones de casos expuestos entre áreas de las extremidades

Cuadro 5		Condición					Residuo est.	Significancia
Factor	Día	CASO	NO CASO	<i>ni</i>	Proporciones entre casos : <i>p_i</i>	Tasa/100	<i>r_{Si}</i>	Valor P
		(Al menos 1°C)	(Menor de 1°C)					
Expuesto (golpeado)	1	18	150	168	0.107	10.71	-4.74	1 X 10 ⁻⁶
	2	71	241	312	0.228	22.8	-1.66	0.047
	3	132	180	312	0.423	42.3	6.12	4.7 X ⁻¹⁰
	4	57	183	240	0.238	23.8	-1.11	0.133
	Total	278	754	1032	0.269	26.9	0	
	Miembro	CASO	NO CASO	<i>ni</i>	<i>pi</i>	Tasa/100	<i>r_{Si}</i>	Valor P
		(Al menos 1°C)	(Menor de 1°C)					
Expuesto (golpeado)	MAD	65	193	258	0.252	25.2	-0.63	0.2638
	MAI	70	188	258	0.271	27.1	0.07	0.472
	MPD	70	188	258	0.271	27.1	0.07	0.472
	MPI	73	185	258	0.283	28.3	0.49	0.3116
	Total	278	754	1032	0.269	26.9	0	
	Área	CASO	NO CASO	<i>ni</i>	<i>pi</i>	Tasa/100	<i>r_{Si}</i>	Valor P
		(Al menos 1°C)	(Menor de 1°C)					
Expuesto (golpeado)	Casco	23	149	172	0.134	13.4	-4.01	3 X 10 ⁻⁵
	TDC	55	117	172	0.320	32.0	1.49	0.068
	TMC	60	112	172	0.349	34.9	2.35	0.009
	TPC	50	122	172	0.291	29.1	0.63	0.264
	Cuartilla	43	129	172	0.250	25.0	-0.57	0.283
	Menudillo	47	125	172	0.273	27.3	0.11	0.454
	Total	278	754	1032	0.269	26.9	0	

Cuadro 5. Análisis de proporciones de casos expuestos, entre días, entre extremidades y entre áreas de las extremidades por medio de residuos estandarizados.

Exposición					
Extremidad	Día	Datos	Expuesto (golpeado)	No expuesto (no golpeado)	Total
MAD	1	n	24	12	36
		Promedio, °C	-0.307	-0.525	-0.380
		Desv. Est.	0.965	0.735	0.890
	2	n	24	12	36
		Promedio, °C	-1.205	-0.479	-0.963
	3	n	24	12	36
		Promedio, °C	0.487	1.163	0.712
	4	n	24	12	36
Promedio, °C		-1.516	-1.921	-1.651	
MAI	1	n	24	12	36
		Promedio, °C	-0.071	-0.497	-0.213
		Desv. Est.	0.984	1.039	1.008
	2	n	24	12	36
		Promedio, °C	-1.845	-0.299	-1.329
	3	n	24	12	36
		Promedio, °C	0.956	0.596	0.836
	4	n	24	12	36
Promedio, °C		-1.410	-1.530	-1.450	
MPD	1	n	24	12	36
		Promedio, °C	-1.201	-1.004	-1.135
		Desv. Est.	0.917	0.617	0.825
	2	n	24	12	36
		Promedio, °C	-0.364	0.503	-0.075
	3	n	24	12	36
		Promedio, °C	1.121	-0.842	0.466
	4	n	24	12	36
Promedio, °C		-1.851	-0.727	-1.476	
MPI	1	n	24	12	36
		Promedio, °C	-1.137	-0.946	-1.073
		Desv. Est.	0.968	0.639	0.868
	2	n	24	12	36
		Promedio, °C	0.045	0.686	0.259
	3	n	24	12	36
		Promedio, °C	0.321	-0.843	-0.067
	4	n	24	12	36
Promedio, °C		-1.468	-0.812	-1.249	
		Desv. Est.	1.334	1.150	1.297

Cuadro 6. Diferencia de temperatura entre dos días subsecuentes (día₁ – basal, día₂ – día₁, día₃-día₂, día₄ –día₃), en las distintas extremidades de caballos, expuestos a golpe durante el salto.

Área	Día	Datos	Exposición		Total general
			expuesto	No expuesto	
Casco	1	n	16	8	24
		Promedio, °C	-0.739	-0.278	-0.585
	Desv. Est.	0.940	0.611	0.859	
	n	16	8	24	
2	Promedio, °C	-0.061	0.485	0.121	
	Desv. Est.	0.815	1.137	0.946	
3	n	16	8	24	
	Promedio, °C	-0.386	-0.816	-0.529	
4	Desv. Est.	1.220	1.235	1.216	
	n	16	8	24	
1	Promedio, °C	-1.164	-0.568	-0.966	
	Desv. Est.	1.237	0.834	1.137	
TDC	1	n	16	8	24
		Promedio, °C	-0.443	-0.985	-0.623
	Desv. Est.	1.117	0.858	1.052	
	n	16	8	24	
2	Promedio, °C	-0.983	-0.066	-0.677	
	Desv. Est.	1.961	0.639	1.682	
3	n	16	8	24	
	Promedio, °C	1.214	0.349	0.926	
4	Desv. Est.	1.636	1.080	1.508	
	n	16	8	24	
1	Promedio, °C	-2.073	-1.510	-1.885	
	Desv. Est.	1.913	1.387	1.745	
TMC	1	n	16	8	24
		Promedio, °C	-0.466	-0.930	-0.620
	Desv. Est.	1.391	0.878	1.244	
	n	16	8	24	
2	Promedio, °C	-1.340	0.060	-0.873	
	Desv. Est.	1.839	0.904	1.705	
3	N	16	8	24	
	Promedio, °C	1.011	0.652	0.891	
4	Desv. Est.	1.097	1.690	1.298	
	N	16	8	24	
1	Promedio, °C	-1.644	-1.746	-1.678	
	Desv. Est.	1.853	1.586	1.734	
TPC	1	N	16	8	24
		Promedio, °C	-0.775	-1.171	-0.907
	Desv. Est.	0.825	0.805	0.823	
	N	16	8	24	
2	Promedio, °C	-0.609	-0.144	-0.454	
	Desv. Est.	0.922	1.042	0.967	
3	N	16	8	24	
	Promedio, °C	0.475	0.324	0.425	
4	Desv. Est.	0.968	1.514	1.146	
	N	16	8	24	
1	Promedio, °C	-1.238	-1.095	-1.191	
	Desv. Est.	1.301	1.271	1.265	
Cuartilla	1	N	16	8	24
		Promedio, °C	-0.773	-0.167	-0.571
	Desv. Est.	1.072	0.315	0.930	
	N	16	8	24	
2	Promedio, °C	-1.072	0.125	-0.673	
	Desv. Est.	1.498	0.915	1.432	
3	N	16	8	24	
	Promedio, °C	1.121	-0.404	0.612	
4	Desv. Est.	1.381	1.042	1.453	
	N	16	8	24	
1	Promedio, °C	-1.657	-1.062	-1.458	
	Desv. Est.	1.305	0.410	1.116	
Menudillo	1	N	16	8	24
		Promedio, °C	-0.879	-0.928	-0.895
	Desv. Est.	1.073	0.742	0.959	
	N	16	8	24	
2	Promedio, °C	-0.989	0.157	-0.607	
	Desv. Est.	1.627	0.924	1.514	
3	N	16	8	24	
	Promedio, °C	0.893	0.005	0.597	
4	Desv. Est.	1.555	1.640	1.605	
	N	16	8	24	
1	Promedio, °C	-1.592	-1.504	-1.563	
	Desv. Est.	1.424	1.452	1.402	

Cuadro 7. Estimadores de incremento térmico en extremidades de caballos de salto expuestos a golpe por derribo entre días sucesivos.

Referencias bibliográficas

- 1.-McMullan W. C. Thermography. In: Colahan, P. T.; Merrit, A. M.; Moore, J. N.; Mayhew, I. G., editors. Equine Medicine and Surgery. 4th ed. American Veterinary Publications: Goleta, California, 1991: 1191-1194.
- 2.- Termographic terminology. Supplement 2 to “Acta Thermographica”. Pistolesi G.F. editor. 1978
- 3.-Purohit RC. The Diagnostic Value of Thermography in Equine Medicine. Proceedings of the 26th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners; 1980: 317-326.
- 4.-Turner TA. Thermography as an Aid to the Clinical Lameness Evaluation. Vet. Clin. of North Am. 1991; 7: 311-338.
- 5.-Moss AA, Kressel HY, Brito AC. Thermographic Assessment of Intestinal Viability Following Ischemic Damage. Invest Radiol 1978; 13: 16-20.
- 6.-Purohit RC, Hammond LS, Rossi A, Pablo LS. Use of Thermography to Determine intestinal Viability. Equine Colic Research Symposium, The university of Georgia, Athens, 75-78, 1982.
- 7.-Turner TA, Scoggins RD. Thermographic Detection of Gingering in Horses. Eq Vet Sci. 1986 5: 8-10.
- 8.-Von Schweinitz DG. Thermographic Diagnostics in Equine Back Pain. Vet. Clin. of North Am. 1999, 15: 161-177.
- 9.-Turner TA. Thermography as an aid in the localization of upper hindlimb lameness. Pterdenheikunde 1996, 4: 632-634.
- 10.-Moss AA, Kressel HY, Brito AC. Use of Thermography to Predict Intestinal Viability and Survival After Ischemic Injury: A Blind Experimental Study. Invest Radiol 1981; 16: 24-29.
- 11.-Turner TA. Alternate Methods of Soft Tissue Imaging. Proceedings of the 1st Dubai International Equine Symposium; 1996; March 27-30th; 165-176. Dubai, Emiratos Arabes Unidos.

- 12.-Van Hoogmoed L, Snyder JR, Allen AK, Waldsmith JD. Use of infrared thermography to detect performance-enhancing techniques in horses. *Equine Vet Educ* 2000; 4: 132-138.
- 13.-Turner TA, Fessler JF, Lamp M, Pearce JA, Geddes LA. Thermographic evaluation of horses with podotrochlosis. *Am. J. Vet. Res.* 1983; 44: 535-539.
- 14.- Andrews FM, Matthews HK, Reed SM. The ancillary techniques and test for diagnosing equine neurologic disease. *Vet Med* 1990; 12: 1325-1330.
- 15.- Harkins JD, Mundy GD, Stanley S, Woods WE, Sams RA, Richardson DR, Tobin T. Character and duration of pharmacological effects of intravenous isoxsuprine. *Equine Vet. J.* 1996; 28: 320-326.
- 16.- Ghafir Y, Art T, Lekeux P. Thermographic facial pattern following an α -2 adrenergic agonist injection in two horses suffering from Horner's syndrome. *Equine Vet. Educ.* 1996; 8: 192-195.
- 17.- Herbert KS. Thermography. *The Horse* 1998; 15: 49-53.
- 18.- Lessiter F. Thermal imaging pinpoints "hot" hoof concerns. *J. Am. Farriers.* 1998; 24: 53-59.
- 19.- Waldsmith JK. Real-Time Thermography: A Diagnostic Tool for the Equine Practitioner. Proceedings of the 38th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, Orlando, Florida, 1992: 445-466.
- 20.-Waldsmith JK, Oltmann JI. Thermography: subclinical inflammation, diagnosis, rehabilitation and athletic Evaluation. *Equine Vet. Sci. J.* 1994; 14: 8-10.
- 21.- Jones WE. Thermography. *Equine Vet. Sci. J.* 1998; 18: 422-423.
- 22.- Turner TA. Thermography and The Horse. 1982: 107-112.

- 23.- Denoix JM. Diagnostic Techniques for Identification and Documentation of Tendon and Ligament Injuries. *Vet. Clin. of North Am.* 1994; 10: 378-381.
- 24.- Auer JA. *Equine Surgery*. 1st U.S.A.: W. B. Saunders. Philadelphia 1992.
- 25.- Ring EFJ. Quantitative Thermal Imaging. *Clin Phys Physiol Meas* 1990; 11: 87-95.
- 26.- Turner TA, Purohit RC, Fessler JF. Thermography: A Review in Equine Medicine. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 1986; 8: 855-861.
- 27.- Turner TA. Uses and limitations of thermography. *Pferdeheilkunde* 1996; 12: 684-685.
- 28.- Purohit RC, McCoy MD. Thermography in the Diagnosis of Inflammatory Processes in the Horse. *Am. J. Vet. Res.* 1980; 41: 1167-1174.
- 29.- Kold SE, Chappell KA. Use of computerized thermographic image analysis (CTIA) in equine orthopaedics: review and presentation of clinical cases. *Equine Vet. Educ.* 1998; 10: 198-204.
- 30.- Turner TA. Use of thermography in Lameness evaluation. Proceedings of the 44th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners; 1998, 44: 224-226; Baltimore, Maryland, USA.
- 31.- Turner TA. Muscular Disorders. In: Robinson NE. Editor. *Current Therapy in equine medicine 3*. W.B. Saunders Company, 1992: 113-116.
- 32.- Lyon B. Welcome to Y2K. *Inframation* February 2000. 1: 1-3. Available from: URL: <http://www.infraredtraining.com>
- 33.- Stashak TS. *Adams' Lameness in Horses*. Lea & Febiger, 1987: 175.

- 34.- Velázquez JL. El uso de la Termografía en Equinos como Herramienta Complementaria de Diagnóstico. Memorias del XXII Congreso Nacional; 2000 junio 21-24; Morelia (Michoacán) México. México (DF): Asociación Mexicana de Medicos Veterinarios Especialistas en Equinos AC, 2000: 21-23.
- 35.- Riegel RJ, Hakola SE. Illustrated Atlas of Clinical Equine Anatomy and Common Disorders of the Horse. 1st. ed. Ohio: Equistar Publications, 1996.
- 36.- Green EM. Thermography. In: Colahan PT; Merrit AM, Moore JN, Mayhew IG editors. Equine Medicine and Surgery. 5th ed. 1999: 1333-1340. Mosby, St. Louis, Missouri.
- 37.- Palmer SE. Use of the portable infrared thermometer as a means of measuring limb surface temperature in the Horse. Am. J. Vet. Res. 1981; 42: 105-108.
- 38.- Köteles GJ. Use the thermography in diagnosis of local radiation injuries. Health Phys. 1998; 74: 264-265.
- 39.- Deumer J, De Haan F, Tulp M, Van den Hoven R. Effect of an isoxsuprine-resin reparation on blood flow in the equine thoracic limb. Veterinary Record 1991; 129: 427-429.
- 40.- Turner TA. Hindlimb Muscle Strain as a Cause of Lameness in Horses. Proceedings of the 35th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 1989: 281-289.
- 41.- Zhao Ping MM, Feng Tian You MD. Correlation Study on Infrared Thermography and Nerve Root Signs in Lumbar Intervertebral Disk Herniation Patient: A Short Report. JMPT 1993; 16: 150-154.
- 42.- Vaden MF, Purohit RC, McCoy MD, Vaughan T. Thermography: A Technique for Subclinical Diagnosis of Osteoarthritis. Am. J. Vet. Res. 1980; 41: 1175-1179.
- 43.- Cheema SP, Ilsley D, Richardson J, Sabanathan S. A thermographic study of paravertebral analgesia. Anaesthesia, 50: 118-121. Association os Anaesthetist of Gt Britain and Ireland. Gt Britain. (1995).

- 44.- Lee RH. Infrasound Reduces Athletic Inflammation in Controlled Study. China Healthways Newsletter 2000 Summer 002: 1.
- 45.- Harper D. Thermography in Veterinary Medicine. Inframation May 2000. 4: 1-3. Available from: URL: <http://www.infraredtraining.com>
- 46.- Emerge Vision Website Exotics 2001. Available from: URL: http://www.emergevision.com/Veterinary-Medicine/exotic_App.CFM.
- 47.- NASA. Estudios Animales 2001. Available from: URL: http://ipac.jpl.nasa.gov/SIRTFspanish/BenefitsDir/animals_sp.html
- 48.- Blood DC, Studdert VP. Saunders Comprehensive Veterinary Dictionary. Tottenham Court Road, London: WB Saunders, 1991.
- 49.- Day RA. Cómo escribir y publicar trabajos científicos. 2da ed. Washington: OPS, 1996.
- 50.- Emerge Vision Systems. Software Users Manual eVS DTIS-500 Camera. eVS Technical Publications Department 1998.
- 51.- McPheron C. Statics in Scientific Investigations, its basis, applications and interpretation. Springer-Verlag., New York, Inc. USA, 1990.