



CAMBIOS LOCOMOTORES DETERMINADOS MEDIANTE ACELEROMETRÍA EN CABALLOS EJERCITADOS EN TREADMILL ACUÁTICO A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE AGUA

Ana Muñoz^{1,2}; Cristina Castejón-Riber^{1,3}; Cristina Riber^{1,2}; María Esgueva¹; José Méndez-Angulo¹; Sara Mateo¹; Francisco Castejón^{1,3}

¹ Centro de Medicina Deportiva Equina CEMEDE; ² Dpt. Medicina y Cirugía Animal; ³ Dpt. Biología Celular, Fisiología e Inmunología; Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.

Autor para correspondencia: Ana Muñoz, E-mail: pv1mujua@uco.es

PALABRAS CLAVE: Acelerometría. Caballos. Ejercicio. Potencia. Treadmill acuático.

INTRODUCCIÓN

El ejercicio en agua es un método efectivo para incrementar el rango de movimiento articular y la actividad muscular, recuperar los patrones locomotores fisiológicos, limitar la incidencia de lesiones músculo-esqueléticas secundarias a una lesión primaria y mejorar la coordinación motora (King, 2016). En seres humanos, el ejercicio en agua se prescribe en numerosas patologías, no solamente de origen esquelético, también en accidentes cerebro y cardiovasculares, endocrinopatías crónicas, cardiomiopatías, alteraciones neurológicas, en pacientes sometidos a diálisis... en general, en aquellas enfermedades, tanto agudas como crónicas, en las que está indicado un ejercicio leve, sin sobrecarga del sistema músculo-esquelético, y en cualquier lesión que conlleve una alteración de la marcha (Meyer y Leblanc, 2008; Marinho-Buzelli y cols., 2015; Heywood y cols., 2016).

La acelerometría es un método cinemático que cuantifica la aceleración en los tres ejes corporales. Esta técnica se ha usado para detectar caballos con un mejor rendimiento en salto, doma y carreras (Barrey y Galloux, 1997; Barrey y cols., 2001; 2002). Más recientemente, se ha analizado la relación entre los parámetros acelerométricos y la valoración clínica en cojeras (Thomsen y cols., 2010), y la ataxia inducida por fármacos en el caballo (López-Sanromán y cols., 2012). En el hombre, la acelerometría es muy útil en la evaluación de pacientes con ataxia de diversos orígenes, síndrome de Parkinson, esclerosis múltiple, parexias y distrofias musculares, con valor diagnóstico y pronóstico (Sola-Valls y cols., 2015; Godinho y cols., 2016).

OBJETIVO

Describir los cambios biomecánicos mediante acelerometría en caballos ejercitados en treadmill acuático (WT), a diferentes profundidades de agua, para proporcionar bases objetivas, para el entrenamiento del caballo de deporte y para rehabilitación de lesiones musculoesqueléticas y neurológicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

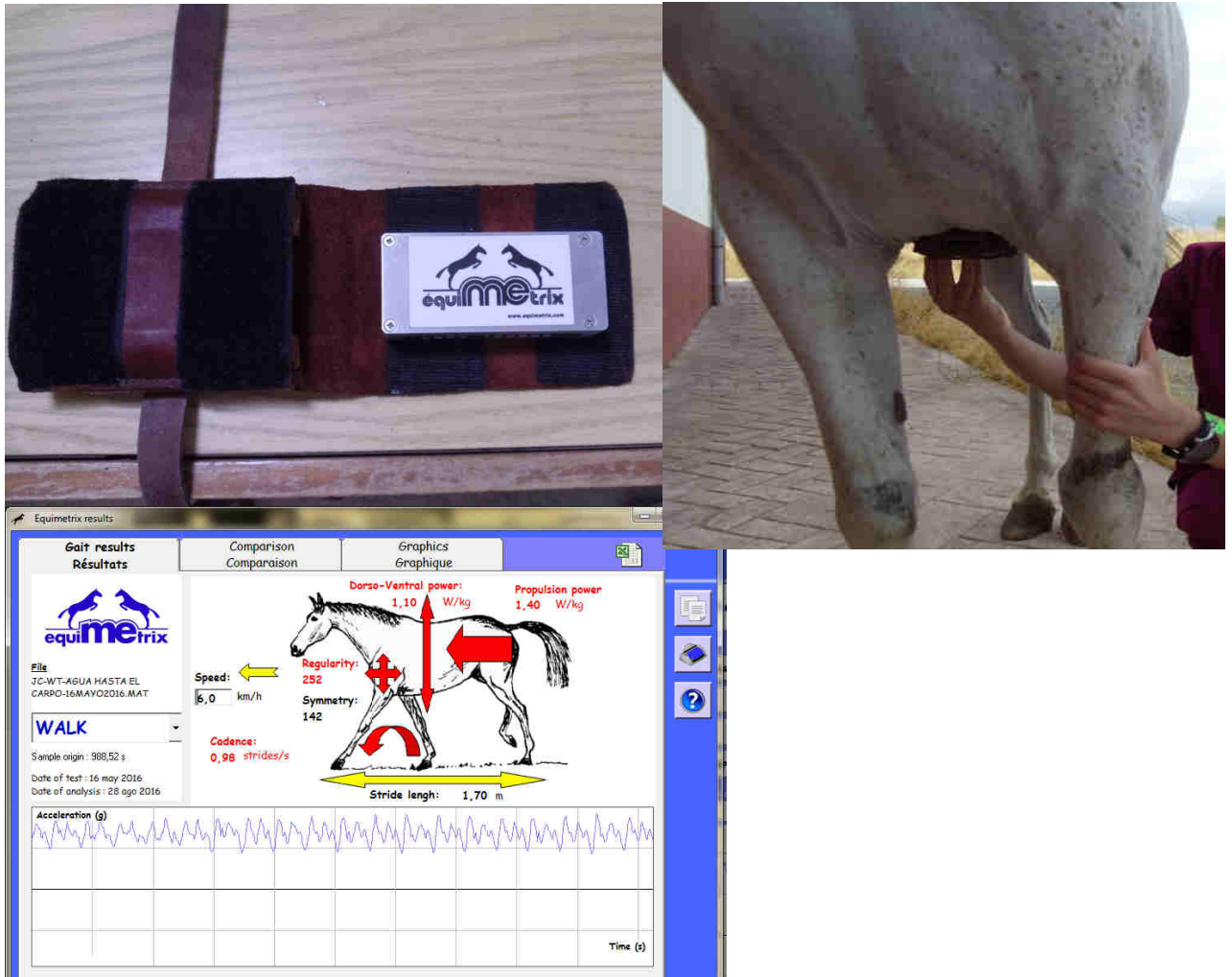
Caballos y protocolo experimental

Se han estudiado 6 caballos adultos (edad media: $10,67 \pm 2,67$ años), sometidos a un ejercicio en WT (Activo-med Gm BH®, Aqua-Line de Luxe, distribuido por Sotoancho Instalaciones Hípicas), al paso, a 6 km/h. Los animales realizaron sesiones de ejercicio sin agua (control), y con el agua a nivel de la articulación metacarpofalangiana (MCF) y carpo (C), siguiendo un cuadrado latino. La duración de la sesión de ejercicio fue de 40 min (30 min sesión de ejercicio, más 10 min adicionales, tiempo necesario para llenar el tanque de agua hasta el carpo).

Acelerometría

Los animales llevaron un acelerómetro 3D (Equimetrix®, Centaurometrix), con un rango de aceleración de ± 10 g y una sensibilidad de 16,4m V/g. El acelerómetro fue colocado en el esternón, próximo al centro de gravedad y fijado mediante un cinchuelo.

Se registraron los siguientes parámetros: longitud de tranco (m), frecuencia de tranco (trancos/s), simetría (coeficiente de similitud entre patrones acelerométricos en bípedos diagonales izquierdo y derecho), regularidad (variación entre trancos), desplazamiento dorsoventral del centro de gravedad (cm) y potencias dorsoventral, longitudinal o de propulsión, mediolateral y total (W/cm).



Estudio estadístico

Los resultados se expresan en medias y desviación estándar. Las diferencias entre las distintas alturas de agua en los parámetros estudiados se evaluaron mediante la prueba H de Kruskal-Wallis, al no seguir los datos una distribución gaussiana. El nivel de significación fue de $p < 0,05$ (Statgraphs Centurion v. 10.0.®)

RESULTADOS

En la tabla 1, se presentan los resultados del estudio acelerométrico en 6 caballos ejercitados en WT, a diferentes profundidades de agua.

Parámetro	Unidades	Control	MCF	C	Valor p
Longitud de tranco	m	1,745±0,125 ^a (1,56-1,89)	1,782±0,134 ^a (1,56-2,01)	1,911±0,143 ^b (1,62-2,14)	0,0014 **
Frecuencia de tranco	trancos/s	0,959±0,070 ^a (0,88-1,07)	0,940±0,074 ^a (0,83-1,07)	0,877±0,070 ^b (0,78-1,03)	0,0031 **
Simetría		174,8±43,08 ^a (112-258)	169,9±43,6 ^a (109-289)	169,9±43,6 ^a (109-289)	0,336 n.s.
Regularidad		191,9±56,8 ^a (164-262)	182,9±48,09 ^a (155-245)	192,7±38,7 ^a (141-176)	0,798 n.s.
Desplazamiento dorsoventral	cm	3,056±0,99 ^a (2,0-5,0)	3,500±0,92 ^b (2,0-5,0)	3,944±1,05 ^c (2,0-6,0)	0,035 *
Potencia dorsoventral	W/cm	0,906±0,189 ^a (0,6-1,3)	1,378±0,404 ^b (0,7-1,9)	2,178±0,786 ^c (1,0-3,6)	0,000 ***
Potencia longitudinal	W/cm	2,333±0,511 ^a (1,4-3,2)	2,422±1,162 ^a (1,2-5,4)	2,606±1,100 ^a (1,2-5,1)	0,694 ^a n.s.
Potencia mediolateral	W/cm	2,428±1,327 ^a (1,3-6,1)	1,767±0,656 ^a (1,0-3,1)	2,761±1,539 ^a (0,8-6,0)	0,057 n.s.
Potencia total	W/cm	5,500±1,645 ^a (3,4-8,6)	5,670±1,140 ^a (4,0-8,9)	7,400±2,831 ^b (3,9-13,2)	0,011 *

Tabla 1. Valores medios, desviación estándar, y valores mínimo y máximo (entre paréntesis) de los parámetros acelerómetros en 6 caballos ejercitados en WT, sin agua (control), con el agua a nivel de la articulación metacarpofalangiana (MCF) y del carpo (C). Diferentes superíndices indican diferencias significativas (*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001) n.s. no significativo

DISCUSIÓN

El ejercicio en agua, además de ser beneficioso en la rehabilitación de lesiones músculo-esqueléticas y neurológicas, puede ser incluido dentro de un programa de entrenamiento. No obstante, es necesario un mayor conocimiento de los cambios locomotores en el WT, para diseñar de forma científica ejercicios individualizados para rehabilitación y entrenamiento. La presente investigación analiza los cambios acelerométricos del caballo en WT con el agua a dos niveles diferentes (MCF y C), en comparación con control (sin agua).

Se ha documentado que el rango de movimiento de las articulaciones distales del miembro aumenta con la profundidad del agua (Méndez-Angulo y cols., 2012). Los resultados de la presente investigación, podrían venir dados por este mayor rango de movimiento y por la flotabilidad del agua. La elevación mayor del miembro con el agua a nivel de C, habría conducido a una menor frecuencia de tranco, una mayor longitud y un mayor desplazamiento dorsal, tanto en cm como en potencia. Por otro lado, la necesidad de elevación de los miembros para superar el obstáculo del agua, al menos hasta el C, habría condicionado un aumento de potencia muscular, fundamentalmente potencia o fuerza total.

La regularidad y la simetría son dos parámetros muy útiles para el diagnóstico de movimientos descoordinados, cojeras y ataxias (Barrey y cols., 2001; López-Sanromán y cols., 2012). Valores elevados para ambas variables se asocian a un mejor rendimiento en competiciones de doma, al estar significativamente relacionado con una mejor puntuación de los jueces (Barrey y cols., 2002). En esta investigación, el ejercicio en WT en caballos sanos, no alteró la simetría y la regularidad del tranco. Por tanto, aumentos de estos parámetros en caballos lesionados ejercitados en WT, reflejarían una mejoría clínica. Igualmente coeficientes de simetría y regularidad superiores tras un entrenamiento se traducirían en más potencia para doma y salto.

RELEVANCIA CLÍNICA

El aumento de la longitud del tranco con el agua a nivel del C sugiere que el WT es útil para incrementar este parámetro en caballos con longitud restringida. Además, se sabe que los caballos de doma y de salto con mejor rendimiento tienen un mayor desplazamiento dorsoventral. Según los resultados obtenidos, el ejercicio en WT mejoraría el desplazamiento y la potencia dorsoventral para ambas disciplinas. Por otro lado, la mayor potencia total observada en el WT, indicativa de una mayor actividad muscular, sería muy útil para caballos con atrofas musculares o que necesiten de musculación.

REFERENCIAS

- BARREY E, DESLIENS F, POIREL D ET AL. (2002). Early evaluation of dressage ability in different breeds. *Equine Vet. J.* 34, 319-324.
- BARREY E, EVANS SE, EVANS DL ET AL. (2001). Locomotion evaluation for racing in thoroughbreds. *Vet. J.* 33, 99-103.
- BARREY E, GALLOUX P (1997). Analysis of the equine jumping technique by accelerometry. *Equine Vet. J.* 23, 45-49.
- GODINHO C, DOMINGOS J, CUNHA G ET AL. (2016). A systematic review of the characteristics and validity of monitoring technologies to assess Parkinson's disease. *J. Neurogen. Rehabil.* Epub ahead of print. Doi:10.1186/s12984-016-0136-7
- HEYWOOD S, McCLELLAND J, MENTIPLAY B ET AL. (2016). The effectiveness of aquatic exercise in improving lower limb strength in musculoskeletal conditions: a systematic review and meta-analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* Doi:10.1016/j.apmr.2016.08.472 (Epub ahead of print)
- KING MR (2016). Principles and applications of hydrotherapy for equine athletes. *Vet. Clin. North Am.: Equine Pract.* 32(1), 115-126.
- LÓPEZ-SANROMÁN FJ, HOLMBAK-PETERSEN R, SANTIAGO I ET AL. (2012). Gait analysis using 3D accelerometry in horses sedated with xylazine. *Vet. J.* 193, 212-216.
- MARINHO-BUZELLI AR, BONNYMAN AM, VERRIER MC (2015). The effects of aquatic therapy on morbidity of individuals with neurological diseases. *Clin. Rehabil.* 29(8), 741-751.
- MÉNDEZ-ANGULO JL, FIRSHMAN AM, GROESCHEN DM ET AL. (2013). Effect of water depth on amount of flexion and extension of joints of the distal aspects of the limbs in healthy horses walking on an underwater treadmill. *Am. J. Vet. Res.* 74(4), 557-566.
- MEYER K, LEBLANC MC (2008). Aquatic therapies in patients with compromised left ventricular function and heart failure. *Clin. Invest. Med.* 31(2), E90-E97.
- SOLA-VALLS N, BLANCO Y, SEPULVEDA M ET AL. (2015). Walking function in clinical monitoring of multiple sclerosis by telemedicine. *J. Neurol.* 262(7), 1706-1713.
- THOMSEN MH, PERSSON AB, JENSEN AT ET AL. (2010). Agreement between accelerometric symmetry scores and clinical lameness scores during experimentally induced transient distension of the metacarpophalangeal joint in horses. *Equine Vet. J.* 38, 510-515.

