

## Características laboratoriales diferenciales entre caballos de raid exitosos y eliminados por alteraciones metabólicas y extenuación

Lorena Vega Pellitero

Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. Avd. Puerta de Hierro, s/n. 28040 Madrid  
[lore\\_vg90@hotmail.com](mailto:lore_vg90@hotmail.com)

Manuel Gómez Díez<sup>1</sup>. Ana Muñoz Juzado<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Medicina Deportiva Equina. <sup>2</sup>Departamento de Medicina y Cirugía Animal. Universidad de Córdoba. Ctra. Madrid-Cádiz, Km 396 14071 Córdoba  
[mgomez@uco.es](mailto:mgomez@uco.es) [pv1mujua@uco.es](mailto:pv1mujua@uco.es)

**Resumen:** en una competición de raid, el veterinario se basa en el examen clínico para determinar la capacidad del caballo para seguir en competición. Este estudio describe las diferencias laboratoriales entre caballos que compiten de forma exitosa en raid y aquellos que son eliminados por alteraciones metabólicas, hidroelectrolíticas y extenuación. Se estudiaron 18 caballos de raid, divididos en dos grupos: A (n=13), que finalizaron una competición de 72,6 km de forma exitosa y B (n=5), eliminados de la competición. Se extrajeron muestras venosas antes (F0), a los 30 km (F1), 53,6 (F2) y al concluir la prueba (F3). En el grupo A, se observaron aumentos significativos de Na en F1, Mg, CK, LDH en F2 y de microhematócrito, proteínas totales, albúmina, creatinina, P y lactato en F3, junto con un descenso de Cl en F2 y Ca en F3. El grupo B experimentó incrementos más intensos de microhematócrito, proteínas totales, creatinina, lactato y Na en F2 y F3 en comparación con el grupo A. Estos datos indican alteraciones hidroelectrolíticas más intensas en los caballos eliminados en base a los resultados de la exploración clínica.

**Palabras clave:** caballos. Hematología. Bioquímica. Inspección veterinaria. Raid.

### INTRODUCCIÓN

El examen veterinario durante un raid consta de una evaluación metabólica y locomotora. En el examen metabólico, se valoran síntomas compatibles con alteraciones hidroelectrolíticas y extenuación, tales como fasciculaciones musculares, íleo paralítico, miopatías, flutter diafragmático sincrónico, compromiso termorregulador. Se lleva a cabo una puntuación de los parámetros clínicos indicativos de estado hídrico (tiempo de llenado capilar, persistencia del pliegue cutáneo, relleno yugular, color y grado de sequedad de las mucosas....), desde A (normal) a D

(alteraciones severas). Se ha visto que el examen clínico es muy útil para detectar a los caballos con patologías metabólicas<sup>(1)</sup>. Sin embargo, existen casos límite, en los que el análisis laboratorial puede ser muy útil. Esta investigación analiza las diferencias laboratoriales entre los caballos que concluyen exitosamente la competición y son considerados 'aptos para seguir' y aquellos eliminados por patologías metabólicas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 18 caballos de raid, adultos (edades: entre 6-14 años), de ambos sexos, durante una competición de 76,2 km (CEN\*). Se establecieron dos grupos: A (n=13), formado por caballos que terminaron la competición y superaron el control veterinario y B (n=5), caballos eliminados al final de la competición por deshidratación, alteraciones electrolíticas, extenuación y/o incapacidad de recuperación de la frecuencia cardiaca (56 lat/min).

Se tomaron muestras de sangre venosa en los siguientes tiempos: al inicio de la competición, muestra basal (F0), al final de cada una de las fases de la competición, a los 30 km (F1), 53,6 km (F2) y al final de la prueba (F3). Inmediatamente tras la extracción de sangre, se determinó el microhematócrito (HTC) y las proteínas totales (PT), usando el tubo de microhematócrito. El resto de la muestra se introdujo en tubos sin anticoagulante y se obtuvo el suero. Se midieron los siguientes parámetros: albúmina (ALB), creatinina (CREAT), CK, LDH, lactato (LA), Ca, P y Mg mediante espectrofotometría (Thermo Spectronic®). Las concentraciones de Na, K y Cl se midieron con un analizador con electrodos selectivos para iones (Vetlyte, Idexx®). Se controló la velocidad de ejercicio en cada fase y el tiempo desde que terminaron cada fase hasta que entraron en el control veterinario (tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca).

Los datos se presentan como media y desviación estándar. Se comprobó la distribución normal de los datos mediante un test de Shapiro-Wilk. Los parámetros que no se ajustaron a una distribución gaussiana fueron transformados logarítmicamente. Las diferencias asociadas al ejercicio en cada grupo (A y B) se analizaron mediante un ANOVA para muestras repetidas y las diferencias entre grupos en cada fase de ejercicio mediante un t-test post-hoc. Las correlaciones entre variables se analizaron mediante la prueba de Pearson. El nivel de significación fue de  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS

No se han encontrado diferencias significativas entre los caballos A y B al inicio de la competición (F0).

Efecto del ejercicio de resistencia en el grupo A: se observaron cambios significativos de los siguientes parámetros: Na en F1, CK, LDH, Cl y Mg en F2 y HTC, PT, ALB, CREAT, LA, Ca, P en F3. Se encontró un descenso significativo en Cl en F2 y Ca en F3 (Tabla 1).

Parámetros	F0	F1	F2	F3
HTC (%)	36,20 ± 1,79	41,60 ± 4,34	41,40 ± 1,34	45,20 ± 4,03(*)
PT (g/dl)	7,071 ± 0,51	7,72 ± 0,84	7,38 ± 0,70	7,54 ± 1,08(*)
ALB (g/dl)	7,54 ± 1,08	4,16 ± 0,53	4,06 ± 0,44	4,46 ± 0,49(*)
CREAT (mg/dl)	1,24 ± 0,11	1,46 ± 0,172	1,65 ± 0,23	1,73 ± 0,29(*)
LA (mmol/l)	0,61 ± 0,41	1,13 ± 0,68	1,40 ± 0,66	1,69 ± 1,18(*)
CK (IU/L)	147,9 ± 66,39	157,1 ± 37,29	307,6 ± 131,5(*)	757,6 ± 491,8
LDH (IU/L)	413,7 ± 78,16	486,3 ± 165,9	730,1 ± 441(*)	746,4 ± 299,4
Na (mmol/l)	141,4 ± 5,97	144,0 ± 6,56(*)	139,9 ± 6,62	141,3 ± 5,59
Cl (mmol/l)	108,9 ± 3,63	106,1 ± 3,19	102,6 ± 3,60(*)	101,0 ± 4,24
Ca (mg/dl)	11,70 ± 1,37	10,54 ± 0,65	10,33 ± 1,64	9,80 ± 1,30(*)
P (mg/dl)	3,20 ± 1,39	3,30 ± 1,10	3,51 ± 1,13	3,79 ± 1,04(*)
Mg (mg/dl)	3,38 ± 0,66	3,48 ± 1,10	3,01 ± 0,76(*)	3,11 ± 0,81

Tabla 1. Media y desviación estándar de los parámetros laboratoriales en los 13 caballos que completaron de manera exitosa la carrera (\*: diferencias significativas con valores basales), P<0,05.

Diferencias entre los grupos A y B: los caballos del grupo B mostraron valores superiores de HTC, PT, CREAT, LA, Na, Cl y Ca en F2 y de HTC, PT, ALB, CREAT, LA y Ca en F3 (Tabla 2).

Parámetros	F0	F1	F2	F3
HTC (%)	33,00 ± 3,50	42,00 ± 3,21	50,00 ± 3,20(*)	52,00 ± 3,42(*)
PT (g/dl)	6,95 ± 1,91	7,80 ± 1,70	8,05 ± 1,91(*)	8,25 ± 1,06(*)
ALB (g/dl)	3,50 ± 0,71	4,00 ± 0,14	4,10 ± 0,15	4,70 ± 0,85(*)
CREAT (mg/dl)	1,20 ± 0,14	1,60 ± 0,21	1,95 ± 0,28(*)	2,35 ± 0,64(*)
LA (mmol/l)	0,75 ± 0,49	1,48 ± 0,55	1,99 ± 0,28(*)	3,51 ± 0,42(*)
Na (mmol/l)	145,0 ± 11,31	146,0 ± 8,48	149,5 ± 16,26(*)	148,0 ± 16,97
Cl (mmol/l)	113,5 ± 4,95	109,0 ± 1,32	109,5 ± 4,95(*)	103,5 ± 3,54
Ca (mg/dl)	16,85 ± 1,77	13,65 ± 1,34	14,80 ± 1,70(*)	11,80 ± 0,71(*)

Tabla 2. Media y desviación típica de los parámetros laboratoriales de los 5 caballos eliminados. Solo se han incluido los parámetros con diferencias significativas respecto de los caballos que acabaron la carrera con éxito (\*: diferencias significativas con caballos exitosos en cada fase de ejercicio), P<0,05

En la tabla 3 se muestra la velocidad media y el tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca para ambos grupos.

		F1	F2	F3
Velocidad de ejercicio (km/h)	Grupo A	17,07±3,04	15,52±3,84	16,47±5,86
	Grupo B	19,55±0,31	18,47±2,93	22,45±3,56
Tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca (lat/min)	Grupo A	3,40±2,19	5,40±2,30	7,80±5,45
	Grupo B	3,00±3,40	6,00±5,40	15,00±12,20

**Tabla 3. Media y desviación típica de la velocidad de ejercicio y del tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca en caballos de raid exitosos (grupo A) y eliminados al final de la competición (grupo B) (\*: diferencias significativas entre ambos grupos), P<0,05.**

La velocidad estuvo correlacionada positivamente con las concentraciones de K, CK, LDH y negativamente con Cl. Existió una correlación positiva entre LA y CK.

## DISCUSIÓN

Los cambios laboratoriales en ambos grupos reflejan una deshidratación leve a moderada (incremento de HTC, PT, ALB y CREAT) y una actividad muscular sostenida (incremento de LDH, CK), posiblemente en asociación a hemoconcentración (HTC, PT, ALB), esplenotomía (HTC), aumento de la actividad muscular (LDH, CK) y disminución de la perfusión renal (CREAT). En carreras de 160 km se produce un aumento de HTC, PT y ALB en la primera mitad y un descenso en la segunda, debido a una menor intensidad del ejercicio por la fatiga y a cambios intercompartimentales de fluidos.<sup>(2)</sup> En nuestro caso, al tratarse de una carrera más corta, la deshidratación más intensa se detectó en F3.

El aumento inicial de Na en F1 y la reducción posterior en F2 y F3 puede deberse a una menor ingesta de agua, mayor pérdida de agua relativa al Na o a una movilización de Na desde el tracto gastrointestinal, el cual actúa como reservorio de agua y electrolitos.<sup>(2,3)</sup> El descenso de Cl en F2 posiblemente se deba a la sudoración, debido a que el sudor equino es de isotónico a hipertónico en relación al plasma.<sup>(4)</sup> La reducción de la natremia y la cloremia también pueden derivar de la ingestión de agua sin electrolitos o de la administración de soluciones electrolíticas hipotónicas. Además, puede darse movilización de fluidos intracelulares con bajas concentraciones en Na y Cl desde tejidos metabólicamente poco activos.<sup>(2)</sup>

El descenso del Ca total en F1 se ha descrito previamente<sup>(2,5)</sup>. El mecanismo fisiopatológico no está claro, aunque se ha asociado a pérdidas por sudoración e incorporación del Ca al espacio intracelular. El aumento posterior podría estar asociado a hemoconcentración, ya que el 50% aproximadamente del Ca sanguíneo se encuentra unido a proteínas. La correlación negativa entre velocidad de ejercicio y cloremia sugiere que la sudoración es la causa más importante de descenso del Cl, aumentando las pérdidas conforme el ejercicio se prolonga.

La deshidratación fue más evidente en el grupo B en base a los datos laboratoriales, con valores superiores de HTC, PT, ALB y CREAT. La hipovolemia por sudoración y cambios intercompartimentales de fluidos podría provocar un compromiso vascular, con aumento persistente de la frecuencia cardiaca, siendo la causa más común de eliminación en caballos de raid con taquicardia persistente <sup>(6)</sup>.

La lactacidemia no superó el umbral aerobio de 2 mmol/l, como corresponde a un ejercicio submáximo prolongado. Además, el raid se llevó a cabo en una zona con pendientes poco intensas y sin sprint final. El aumento de las actividades CK y LDH podría atribuirse a cambios en la permeabilidad de membrana celular por estrés oxidativo. <sup>(7)</sup> No obstante, la correlación positiva entre estas enzimas, la velocidad de carrera y el tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca podría indicar lesión muscular subclínica en la que el dolor ralentizaría la recuperación de la frecuencia cardiaca. La lactacidemia más elevada en el grupo B podría venir dada por una velocidad de ejercicio superior o bien por una menor perfusión muscular por hipovolemia. No obstante otros estudios no encontraron diferencias significativas entre los niveles de lactato de ambos grupos <sup>(3, 8)</sup>; lo que podría deberse a la eliminación del lactato favorecida en los periodos de descanso obligatorio. La correlación positiva entre LA y CK indica una activación de las vías glucolíticas anaerobias, con producción de lactato, en situaciones de elevada actividad muscular.

La velocidad de ejercicio, superior en el grupo B, así como el tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca más prolongado en este grupo, reflejan sobreesfuerzo y/o extenuación, evidenciando la importancia de adaptar la velocidad de carrera al nivel de entrenamiento de cada caballo.

Como conclusión destacamos que los caballos de raid eliminados por alteraciones metabólicas, en comparación con caballos exitosos que recorrieron la misma distancia, mostraron valores superiores de microhematócrito, proteínas totales, albúmina y creatinina e inferiores de cloro.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Muñoz A, Castejón F, Trigo P, Roldán J, Rubio MD, Gómez-Díez M, Castejón-Riber C, Riber C. Veterinary clinical examination in endurance horses in competition: correlations with laboratory data. SIVE Meeting, Febrero 2013.
2. Schott HC 2nd, Marlin DJ, Geor RJ, Holbrook TC, Deaton DM, Vincent T, Dacre K, Schroter RC, Jose-Cunilleras E, Cornelisse CJ. Changes in selected physiological and laboratory measurements in elite horses competing in a 160 km endurance ride. Equine Vet J. 2006; Suppl. 36: 37-42.

3. Castejón F, Trigo P, Muñoz A, Riber C. Uric acid responses to endurance racing and relationship with performance, plasma biochemistry and metabolic alterations. *Equine Vet J.* 2006; 36: 70-73.
4. Muñoz A, Riber C, Trigo P, Castejón-Riber C, Castejón F. Dehydration, electrolyte imbalances and renin-angiotensin-aldosterone-vasopressin axis in successful and unsuccessful endurance horses. *Equine Vet. J.* 2010; 42: 83-90.
5. Foreman JH, Waldsmith JK, Lalum RB. Physical, acid-base and electrolyte changes in horses competing in Training, Preliminary and Intermediate horse trials. *Equine Comp Exerc Physiol.* 2004; 1: 99-105.
6. Trigo P, Castejón F, Riber C, Muñoz A. Use of biochemical parameters to predict metabolic elimination in endurance rides. *Equine Vet J.* 2010; 42: 142-146
7. Hargreaves BJ, Kronfeld DS, Waldron JN, Lopez MA, Gay LS, Saker KE, Cooper WL, Sklan DJ, Harris PA. Antioxidant status and muscle cell leakage during endurance exercise. *Equine Vet J.* 2002; 34:116-121.
8. Fielding C., Magdesian KG, Rhodes DM, Meier CA, Higgins JC. Clinical and biochemical abnormalities in endurance horses eliminated from competition for medical complications and requiring emergency medical treatment: 30 cases (2005–2006). *Veterinary emergency critical care J.* 2009; 19: 473-478.

Recibido: 7 noviembre 2013.

Aceptado: 24 febrero 2014.