

DETERMINACIÓN DE SODIO, POTASIO, CALCIO Y CLORO EN EQUINOS ENTRENADOS PARA PARTICIPAR EN PRUEBA DE RESISTENCIA

SODIUM, POTASSIUM, CALCIUM AND CHLORIDE DETERMINATION IN HORSES IN TRAINING FOR ENDURANCE COMPETITIONS

ARMANDO ISLAS L1 (MV, MSC); VICTORIA MERINO M.¹ (BQ, MSC); GUILLERMO MORA R.¹ (MV, MSC); MANUEL QUEZADA O.¹ (MV, DM); RICARDO KRAUSHAAR L.² (MV); MABEL FIGUEREDO X.¹ (MV).

ABSTRACT

Serum electrolytes and chloride were determined in 12 mixed horses between 6-10 years old in training for endurance competitions.

For the determination of sodium, potassium, ionised calcium and chloride blood of jugular vein was obtained after 5 and 6 month of training of the horses. The horses in training were submitted to two test in field conditions one of this consist in galloping during 15 minutes at 360 m/min, the other test was to gallop at 360 m/m during 60 minutes. Blood samples in rest conditions, 5 and 15 minutes after exercise were obtained for each test.

The results obtained showed that exercise produce a significant decrease of sodium, 5 and 15 minutes post exercise, potassium increased significantly at 5 minutes post exercise. Under exercise for 60 minutes, ionised calcium decrease at 5 and 15 minutes after exercise and chloride decreased significantly at 5 and 15 minutes post exercise.

The results obtained showed that exercise for 60 minutes produces more changes in the electrolyte balance this is important to evaluate and to consider to maintain the electrolyte balance.

KEY WORDS: Horses, electrolytes, exercise.

PALABRAS CLAVES: Caballos, electrolitos, ejercicio.

INTRODUCCIÓN

Durante el ejercicio se han determinado diversos cambios en la distribución y composición de los líquidos y electrolitos del plasma, que están dirigidos principalmente a favorecer la disipación del calor producido por la contracción muscular.

En el caballo, el principal mecanismo fisiológico de eliminación de calor durante el ejercicio es el sudor a través del cual se producen importantes pérdidas de líquido y electrolitos que pueden llevar a una deshidratación, con un aumento relativo de las

proteínas plasmáticas, siendo estos cambios influidos por la temperatura y humedad ambiental (Rose, 1986; Valberg y col., 1989, Hogdson y col., 1994).

El sudor del equino es hipertónico respecto al plasma contiene una alta concentración de sodio, cloro y potasio. La pérdida de líquido desde el medio intracelular disminuye el volumen circulante que resulta en una hemoconcentración y aumento de la viscosidad de la sangre (Martínez y col., 2001).

El sodio, es el principal soluto del fluido extracelular y determinante de la osmolaridad plasmática, por lo tanto, refleja la concentración de agua tanto del fluido intracelular como del fluido extracelular (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, 1994) y la mayoría de los casos de hipernatremia son por un déficit relativo de agua, producto de la pérdida de ella a través del sudor, asociado a una redistribución de los fluidos producida por los ejercicios de larga duración (Martínez y col., 2001).

■ Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

■ Escuela de Equitación, Regimiento de Caballería Blindada, Quillota, Chile.

En el balance interno del potasio, son varios los factores que intervienen, la aldosterona, la insulina y las catecolaminas. La acción de estas hormonas sobre receptores específicos de diferentes tejidos aumentan la captación de potasio por ellos (White y col., 1990, 1992). Durante la contracción muscular el potasio es liberado desde el músculo hacia el líquido extracelular y la magnitud de este aumento en el plasma depende de la intensidad del ejercicio y de la respuesta individual de cada animal retornando a concentraciones basales al final del ejercicio (Harris y Snow, 1992; Martínez y col., 2001)).

El calcio plasmático se encuentra en un 50% ionizado, un 40 a 45% ligado a proteínas, principalmente la albúmina plasmática y un bajo porcentaje formando complejos con elementos orgánicos o inorgánicos. En el proceso de contracción muscular hay movilización del calcio hacia el intracelular de la fibra muscular provocando hipocalcemia (Geisser *et al.*, 1995). Por otra parte el calcio se pierde por el sudor siendo estos cambios más intensos en equinos en las pruebas de resistencia. (Rose 1986).

El cloruro es el principal anión extracelular que se pierde en la sudoración después de una carrera de resistencia, con una marcada disminución en la concentración sérica (Martínez y col., 2001). Al igual que el sodio, las pérdidas de cloro son a expensas del fluido extracelular, ya que su concentración intracelular es muy baja, como un mecanismo compensatorio a estas pérdidas, el cloro es retenido a nivel renal, disminuyendo su excreción.

El objetivo de este estudio fue determinar en caballos mestizos FSC en entrenamiento para participar en pruebas de resistencia si la duración del ejercicio produce cambios en el balance electrolítico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

En este estudio se utilizaron 12 equinos adultos de ambos sexos (hembras y machos castrados) mestizos Fina Sangre Inglés, entre 6 a 10 años, pertenecientes a la Escuela de Caballería Blindada del Ejército de Chile, ubicada en la ciudad de Quillota, Vª región. Estos equinos se sometieron a un programa de adiestramiento para competencias de resistencia y la toma de muestras se realizó durante los meses de noviembre y diciembre después de haber realizado 5 (M1) y 6 (M2) meses de entrenamiento. Al inicio del entrenamiento se determinaron las concentraciones de sodio, potasio, cloro y calcio (M0).

Prueba de Evaluación

A los 5 meses de entrenamiento se sometió a los animales a un calentamiento de 5 minutos y posteriormente a un trabajo dentro de un picadero circular, galopando a 360 m/min durante 15 minutos.

Prueba de resistencia

A los 6 meses de entrenamiento se realizó una prueba de resistencia en la pista de la Escuela de Equitación en Quillota sobre un recorrido de 20 kilómetros a una velocidad de 360m/min por 60 minutos.

Ambas evaluaciones se realizaron entre las 8.30 y 13 horas para evitar el efecto de temperaturas ambientales sobre los parámetros en estudio.

Obtención de muestras

Se tomó muestras de sangre en condiciones basales (T0) a los 5 minutos (T1) y 15 minutos (T2) después de terminar las pruebas de evaluación y de resistencia.

Las determinación de sodio, potasio y calcio ionizado se realizó en un equipo analizador portátil de laboratorio i-STAT® (Laboratorio Abbott).

La concentración de cloro se determinó mediante un método colorimétrico utilizando un reactivo comercial (Valberg mr®) leyendo los valores en un espectrofotómetro (microlab 200®) y expresándolos en (mEq/L).

Análisis estadístico

Los resultados de los parámetros en estudio se expresan como promedio y desviación estándar. Estos fueron obtenidos mediante procedimientos estadísticos convencionales utilizando un programa computacional SAS. La variación conjunta de los datos se analiza a través de varianza multifactorial, seguido por una prueba de rango múltiple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración plasmática de sodio, potasio, calcio y cloro en M0 estuvo dentro de los rangos descritos para la especie (Kaneko 1997). En la (Tabla 1) se muestra los valores promedio \pm desviación estándar de la concentración de sodio concordando con las publicaciones que señalan que no se producen cambios significativos de este electrolitos en los animales con entrenamiento (Martínez *et al.*, 1987). En la prueba realizado en pista (M2) el sodio plasmático venoso disminuyó significativamente ($p < 0.05$) en (T1) y

TABLA 1
 PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA CONCENTRACIÓN
 DE SODIO PLASMÁTICO VENOSO (mEQ/L) EN CABALLOS MESTIZOS
 FINA SANGRE DE CARRERA EN REPOSO, A LOS 5 MINUTOS Y 15 MINUTOS
 POSTERIORES AL TÉRMINO DE UNA PRUEBA DE RESISTENCIA
 DURANTE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO (N = 12)

Tiempo	Mes de muestreo		
	M0	M1	M2
T ₀	135,7 \pm 1,2	134,11 \pm 1,69a	136,44 \pm 2,789b
T ₅		134,75 \pm 1,56	133,68 \pm 2,238*
T ₁₅		133,428 \pm 1,56a	130,18 \pm 5,92b*

Letras diferentes en sentido horizontal indica diferencias entre los muestreos ($p < 0.005$).

* indican diferencias entre M1 y M2.

TABLA 2
 PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA CONCENTRACIÓN
 DE POTASIO PLASMÁTICO VENOSO (mEQ/L) EN CABALLOS MESTIZOS
 FINA SANGRE DE CARRERA EN REPOSO, A LOS 5 MINUTOS Y 15 MINUTOS
 POSTERIORES AL TÉRMINO DE UNA PRUEBA DE RESISTENCIA
 DURANTE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO (N = 12)

Tiempo	Mes de muestreo		
	M0	M1	M2
T ₀	3,97 \pm 0,36	3,98 \pm 0,39a	3,60 \pm 0,30b
T ₅		3,93 \pm 0,32	4,02 \pm 0,26*
T ₁₅		4,01 \pm 0,39	3,77 \pm 0,47

Letras diferentes en sentido horizontal indica diferencias entre los muestreos ($p < 0.005$).

* indican diferencias entre M1 y M2.

(T₂) al compararlos con los valores basales (T₀). Los descensos en las concentraciones de sodio durante el ejercicio estarían relacionados con la actividad muscular mas prolongada ya que la intensidad del ejercicio fue similar, lo que concuerda con trabajos realizados en equinos de enduro en los que se producen cambios significativos en las concentración del sodio durante la prueba (Rose *y col.*, 1983b; Lindenger *y col.*, 1995). La regulación del sodio es ejercida por la acción del cortisol y la aldosterona, las cuales están incrementadas durante el ejercicio (Snow *y col.*, 1982; Rose, 1986; White *y col.*, 1990). Al respecto un trabajo paralelo con los mismos equinos determinó un aumento significativo del cortisol durante las dos pruebas, siendo mas alta en la prueba de 60 minutos, (Álvarez 2005). Hay que considerar que el organismo trata de mantener los niveles de sodio a expensas de las reservas intracelulares, principalmente desde las células musculares y de los eritrocitos que aumentan en circulación durante el ejercicio (Ferrante *y col.*, 1995).

En la (Tabla 2) se presenta los valores promedio \pm la desviación estándar de la concentración de potasio plasmático venoso, encontrándose los valores basales dentro del rango normal para la especie (Kaneko 1997) En la prueba de evaluación (M1) el potasio plasmático no presentó variaciones significativas ($p > 0.05$). Sin embargo, en la prueba de resistencia (M2) el potasio plasmático aumento en T1 ($p < 0,05$) y luego disminuyó en T2 a un valor cercano al valor basal ($p < 0.05$). El incremento es concordante con trabajos realizados en equinos de deporte (Snow *y col.*, 1982; Schott *y col.*, 2002). El aumento de la concentración de potasio plasmático durante la contracción muscular se debe a la salida desde la fibra muscular hacia el exterior de la célula incrementado a una mayor intensidad del ejercicio (Harris y Snow 1992, Lindenger y Ecker 1995, Schott *y col.*, 2002). Posterior al ejercicio se produce un rápida disminución de las concentraciones de potasio en el plasma hasta lograr los valores basales por reingreso de este a las células musculares (Schott *y col.*, 2002).

El efecto combinado de descenso intracelular e incremento extracelular de potasio en el ejercicio, asociado a los cambios en concentración de sodio en ambos compartimentos, es un factor importante en la fatiga muscular durante el ejercicio (Harris y Snow, 1992).

En la (Tabla 3) se presenta los valores de calcio ionizado, encontrándose los valores basales dentro de los rangos normales para la especie (Kaneko 1977). En M1 no se presentaron variaciones significativas del calcio ($p > 0.05$). En M2, disminuyó en T1 y T2 ($p < 0.05$). Estos resultados son similares a los obtenidos por Andrews y col., (1994); Martínez y col., (2001) Foreman y col., (2004) en diferentes actividades o en ejercicios en treadmill (Vervuert y col., 2002) quienes obtuvieron una disminución del ion posterior al ejercicio. Esto se debería a la entrada del ion calcio a la fibra muscular durante la contracción muscular y además a la unión del calcio con las proteínas y aniones orgánicos e inorgánicos de la sangre, disminuyendo su concentración (Geisser y col., 1995). Sin embargo, algunos autores no han

encontrado cambios significativos en la concentración de calcio, lo que se debería al tipo de ejercicio realizado por los caballos, duración e intensidad de él (Pérez y col., 1997; Hyypä y Särkijärvi 2002).

En la (Tabla 4) se presenta los valores promedio \pm la desviación estándar de la concentración de cloruro plasmático venoso. En M1, el cloro desciende después de terminado el ejercicio en T2 ($p < 0,05$) y en M2 se produce un descenso significativo del cloro en T1 y T2 ($p < 0,05$). En los equinos durante el ejercicio frecuentemente se observa disminución de los niveles plasmáticos de cloruro similares a los encontrados en este estudio, durante y posterior a la realización de diversas disciplinas (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan y col., 1991., Pérez y col., 1991; 1997; Martínez y col., 2001). Dado que junto con el sodio, el cloruro es un ion importante para la mantención de la funcionalidad celular del organismo (Lindinger y Ecker, 1995), esta pérdida se compensa aumentando la retención de él en el riñón. Además la pérdida de agua y electrolitos que se produce por el sudor, pueden ser minimizados por el transporte

TABLA 3
PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA CONCENTRACIÓN DE CALCIO PLASMÁTICO VENOSO (mEQ/L) EN CABALLOS MESTIZOS FINA SANGRE DE CARRERA EN REPOSO, A LOS 5 MINUTOS Y 15 MINUTOS POSTERIORES AL TÉRMINO DE UNA PRUEBA DE RESISTENCIA DURANTE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO (N = 12)

Tiempo	Mes de muestreo		
	M0	M1	M2
T _■	2,56 \pm 0,23	2,27 \pm 0,18	2,55 \pm 0,47
T _■		1,93 \pm 0,49	2,03 \pm 0,69
T _■		2,23 \pm 0,38a	1,50 \pm 0,11b* +

Letras diferentes en sentido horizontal indica diferencias entre los muestreos ($p < 0.005$).

* indican diferencias entre M1 y M2.

TABLA 4
PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA CONCENTRACIÓN DE CLORURO PLASMÁTICO VENOSO (mEQ/L) EN CABALLOS MESTIZOS FINA SANGRE DE CARRERA EN REPOSO, A LOS 5 MINUTOS Y 15 MINUTOS POSTERIORES AL TÉRMINO DE UNA PRUEBA DE RESISTENCIA DURANTE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO (N = 12)

Tiempo	Mes de muestreo		
	M0	M1	M2
T _■	112 \pm 5,74	110,76 \pm 6,46a	99,0 \pm 7,7b
T _■		107,20 \pm 8,34a	82,73 \pm 9,49b*
T _■		95,42 \pm 14,42*+	86,96 \pm 12,0*

Letras diferentes en sentido horizontal indica diferencias entre los muestreos ($p < 0.005$).

* indican diferencias entre M1 y M2.

de agua y electrolitos hacia el intersticio y espacio vascular desde el líquido transcelular digestivo, el que representa un valioso recurso para la homeostasis hidrosalina del caballo. Sumado a todo esto, la movilización de eritrocitos desde el bazo mediada por estimulación alfa-adrenérgica, también representa un aporte importante para compensar las pérdidas de electrolitos durante el ejercicio y así mantener los niveles sanguíneos dentro de los rangos fisiológicos normales (Ferrante *y col.*, 1995).

En caballos poseedores de una gran aptitud física, las concentraciones de electrolitos sanguíneos como el sodio, potasio calcio y cloruro, presentan un estrecho rango de variación durante el ejercicio. En el presente trabajo los cambios mas importantes se observaron durante la prueba de resistencia, sin embargo, en T2 los parámetros en estudio retornan a los valores basales lo que indica que los equinos tienen un entrenamiento adecuado para las pruebas a las que fueron sometidos.

Durante el ejercicio hay gran producción de calor que se disipa por el sudor y la hiperventilación pulmonar con la consiguiente pérdida de agua y electrolitos, pérdida que aumenta si el ejercicio se realiza a alta temperatura y humedad ambientales. (Oldruitenborgh-Oosterbaan, 1994; Hodgson *y col.*, 1994; Hargreaves *y col.*, 1999).

Por estas razones las pruebas de evaluación y resistencia siempre se desarrollaron en la mañana, con temperaturas inferiores a 25°C y humedad relativa entre el 50-60%.

RESUMEN

Electrolitos séricos y cloro se determinaron en 12 caballos Fina Sangre Ingles mestizos entre 6 y 9 años de edad en entrenamiento para participar en competencias de resistencia.

Al quinto y sexto mes de entrenamiento se obtuvo sangre de la vena yugular que se depositó en tubos sin anti coagulante para la determinación de sodio, potasio, calcio ionizado y cloro. Los caballos se sometieron a dos pruebas en condiciones de campo, una de 15 minutos a 360mImin y otro de 60 minutos a la misma velocidad. Las muestras de sangre se tomaron en condiciones basales y a los 5 y 15 minutos después de terminada cada prueba.

Los resultados obtenidos muestran que el ejercicio realizado durante una hora produce una disminución significativa del sodio y calcio ionizado a los 5 y 15 minutos post ejercicio y un aumento significativo

del potasio a los 5 minutos posterior al ejercicio. El cloro disminuye significativamente a los 5 y 15 minutos después de los ejercicios de 15 y 60 minutos de duración.

De los resultados obtenidos se puede concluir que el ejercicio de 60 minutos altera la concentración de los electrolitos séricos indicando que son importantes de evaluar y debe ser considerado en la recuperación de sus concentraciones para mantener el equilibrio electrolítico.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, JOSÉ. 2005. Determinación del Hemograma, Proteínas Plasmáticas Totales y Cortisol en Equinos Mestizos FSI de Carrera en entrenamiento para participar en pruebas de resistencia. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción. Sede Chillán .
- ANDREWS, F. M., S. L. RALSTON, C. S. SOMMARDIAHL, P. L. MAYKUTH, E. M. Green, S. L. White, L. H. Williamson, C. A. Holmes and R. GEISER. 1994. Weight, water, and cation losses in horses competing in a three-day event. *J.A.V.M.A.* 205(5): 721-724.
- FERRANTE, P. L., L. E. TAYLOR, J. A. WILSON AND D. S. KRONFELD. 1995. Plasma and erythrocyte ion concentrations during exercise in Arabian horses. *Equine Vet. J. Suppl.* 18: 306-309.
- GEISER, D. R., F. M. ANDREWS, B. W. ROHRBACH, S. L. WHITE, P. L. MAYKUTH, E. M. GREEN AND M. K. PROVENZA. 1995. Blood ionized calcium concentrations in horses before and after the cross-country phase of.
- FOREMAN J:H, WALDSMITH, J:K, LALUM,R:B. 2004. Physical, acid base and electrolyte changes in horses competing in training, preliminary and intermediary horse trials. *Equine and Comparative Exercise Physiology* 1(2): 99-105
- HARGREAVES, B., D. KRONFELD, AND J. NAYLOR. 1999. Ambient temperature and relative humidity influenced pakeg cell volumen, total plasma protein and other variables in horses during a incremental submaximal exercise. *Equine Vet. J.* 31(4): 314-318
- HARRIS, P., D. H. SNOW. 1992. Plasma potassium and lactate concentrations in Thoroughbred horses during exercise of varying intensity. *Equine Vet. J.* 23(3): 220-225.
- HODGSON, D. R., R. E. DAVIS AND F. F. MC CONAGHY. 1994. Thermoregulation in the horse in response to exercise. *British Vet. J.* 150(3): 219-235.
- KANEKO, J. J., J. W. HARVEY AND M. L. BRUSS. 1997. Clinical biochemistry of domestic animals. (5th ed.). Academic Press. California, U.S.A.
- LINDINGER, M. I., G. L. ECKER. 1995. Ion and water losses from body fluids during a 163 km endurance ride. *Equine Vet. J. Suppl.* 18: 314-322.
- MARTÍNEZ, R., CITAR J, MATTIOGLI G, CAVAGLIA J, GIULIODORI M, DESMARÁS E. 1987. Fisiología del ejercicio equino. Análisis de una experiencia sobre treadmill de alta velocidad. *Av. Cien. Vet.* 16(1/2): 58-67.
- MARTÍNEZ, R., M. C. SCAGLIONE, C. LUNEBURG, E. HERNÁNDEZ, O. ARANEDA, M. GONZÁLEZ, M. ESTRADA Y A. WHITE. 2001. Cambios sanguíneos y sudorales en equinos sometidos a carreras de resistencia. *Av. Cien. Vet.* 16(1/2): 58-67.

- PÉREZ, R., A. ISLAS, G. MORA, S. RECABARREN, C. BARAHONA, C. JARA Y M. IBÁÑEZ. 1991. Electrolitos séricos y proteínas plasmáticas en caballos mestizos de tiro sometidos a ejercicio de tracción. *Av. Cien. Vet.* 6(1): 29-35.
- PÉREZ, R. M. GARCÍA, R. GUZMÁN, V. MERINO, S VALENZUELA, C. GONZALEZ. 1997. Actividad física y cambios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competencia de rodeo. *Arch. Med. Vet.* 29(2) 221-234.
- ROSE, R. J., J. R. ALLEN, D. R. HODGSON, J. H. STEWART AND W. CHAN. 1983A. Responses to submaximal treadmill exercise and training in the horse: Changes in hematology, arterial blood gas and acid base measurements, plasma biochemical values and heart rate. *Vet. Rec.* 113: 612-618.
- ROSE, R. J., D. R. HODGSON, D. SAMPSON AND W. CHAN. 1983B. Changes in plasma biochemistry in horses competing in a 160 Km. Endurance ride. *Aust. Vet. J.* 60(4): 101-105.
- ROSE, R. J. 1986. Endurance exercise in the horse: a review. *British Vet. J.* 142: 532-552.
- SCHOTT HC, BOHART GV, EBERHART S W. 2002. Potassium and lactate uptake by noncontracting tissue during strenuous exercise. *Eq. Vet J Suppl.* 34: 532-538.
- SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M. 1994. The treatment of the exhausted horse under field conditions. *Equine Pract.* 16(8): 27-33.
- SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M., TH. WENSING, A. BARNEVELD AND H. J. BREUKINK. 1991. Heart rate, blood biochemistry and performance of horses competing in a 100 Km. Endurance ride. *Vet. Rec.* 128: 175-179.
- SNOW, D. H., M. G. KEER, M. A. NIMMO AND E. M. ABBOT. 1982. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. *Vet. Rec.* 110: 377-384.
- VALBERG, S., B. E. GUSTAVSON, A. LINDHOLM AND S. G. B. PERS-SON. 1989. Blood chemistry and skeletal muscle metabolic responses during and after different speeds and durations of trotting. *Equine Vet. J.* 21(2): 91-95.
- VERLVEURT I, COENENE M, HARMAYER J, WEDEMEYER U, CHOBROCK C AND SPORLEDER HP. 2002. Changes in plasma PTH and calcium during different types of exercise and training in young horses. Conference on Equine Sport Medicine and Science Arno Lindner Ed. Sicilia Italia 169-172
- WHITE, A., A. REYES, A. GODOY Y R. MARTÍNEZ. 1990. Hemo-rreaje y competencia como factores que alteran el equilibrio hidrosalino en equinos fina sangre de carrera. *Av. Cien. Vet.* 5(2): 100-105.
- WHITE, A., A. REYES, M. S. PENNA Y R. MARTÍNEZ. 1992. Cambios sanguíneos en equinos F.S.C. en reposo inducidos por el entrenamiento. *Monograf. Med. Vet.* 14(2): 75-80.