

VARIACIONES FISIOLÓGICAS EN LAS CONCENTRACIONES SÉRICAS DE SODIO, POTASIO Y CLORO EN CABALLOS MESTIZOS DE CARRERA ANTES Y DESPUÉS DEL EJERCICIO

PHYSIOLOGICAL VARIATIONS IN SERUM CONCENTRATIONS OF SODIUM, POTASSIUM AND CHLORINE IN HALF BREED RACE HORSES BEFORE AND AFTER EXERCISE

Pedrozo R¹, Gamarra A², Mochet L³, Romero I², Gamarra T²

¹Departamento de Patología y Clínica - División Patología Clínica- Facultad de Ciencias Veterinarias-Universidad Nacional de Asunción-San Lorenzo-Paraguay

²Cátedras de Patología y Clínica Equina y Producción Equina - Facultad de Ciencias Veterinarias-Universidad Nacional de Asunción - San Lorenzo-Paraguay

³Tesista de Grado para optar al título de Doctor en Ciencias Veterinarias - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional de Asunción - San Lorenzo - Paraguay

RESUMEN. Se evaluaron las variaciones fisiológicas de las concentraciones séricas de sodio (Na⁺), potasio (K⁺) y cloro (Cl⁻) en caballos mestizos de carrera antes y después del ejercicio. Se utilizaron veinte equinos, machos y hembras, de 2 a 6 años de edad. Se tomaron tres muestras de sangre en diferentes tiempos: T0 (antes de la carrera), T1 (inmediatamente después de la carrera) y T2 (una hora después de la carrera). Las concentraciones séricas medias de los electrolitos expresadas en mmol/L fueron: para T0: Na⁺ (133,9 ± 5,30), Cl⁻ (112,7 ± 6,43), K⁺ (4,1 ± 0,54); para T1: Na⁺ (133,2 ± 7,38), Cl⁻ (113,4 ± 11,47), K⁺ (4,6 ± 1,15); y para T2: Na⁺ (137,2 ± 6,23), Cl⁻ (113,2 ± 8,31), K⁺ (3,9 ± 0,75). Los resultados no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tiempos T0, T1 y T2 para la media de los iones Na⁺ y Cl⁻; en cambio la media de la concentración sérica de K⁺ disminuyó ($p > 0,05$) en el T2 con respecto al T1.

Palabras clave: electrolitos séricos, caballos mestizos, ejercicio físico.

ABSTRACT. ABSTRACT. Physiological variations in serum sodium (Na⁺), potassium (K⁺) and chlorine (Cl⁻) in half breed race horses before and after exercise were evaluated. Twenty equines, male and female, from 2 to 6 years of age were studied. Three blood samples were taken at different times: T0 (before the race), T1 (immediately after the race) and T2 (one hour after the race). Mean serum electrolytes expressed in mmol / L were: for T0: Na⁺ (133.9 ± 5.30), Cl⁻ (112.7 ± 6.43), K⁺ (4.1 ± 0.54); T1: Na⁺ (133.2 ± 7.38), Cl⁻ (113.4 ± 11.47), K⁺ (4.6 ± 1.15); and T2: Na⁺ (137.2 ± 6.23), Cl⁻ (113.2 ± 8.31), K⁺ (3.9 ± 0.75). The results showed no statistically significant differences ($p > 0.05$) between times T0, T1 and T2 to the average of the Na⁺ and Cl⁻ ions; instead the mean serum K⁺ decreased ($p > 0.05$) at T2 with respect to T1.

Keywords: serum electrolytes, half breed race horses, exercise.

doi: <http://dx.doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2015.05.02.7-11>

Dirección para correspondencia: Prof. Dra. Raquel Pedrozo Prieto - Laboratorio de Patología y Clínica - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional de Asunción - Casilla de Correo N° 1061 - Ruta Mcal. Estigarríbia Km 10,5- Campus Universitario - San Lorenzo-Paraguay.

E-Mail: rpedrozo@vet.una.py

Recibido: 05 de febrero 2016 / **Aceptado:** 15 de marzo de 2016

INTRODUCCIÓN.

La fisiología deportiva de los equinos es un área en crecimiento mundial con estudios representativos que reportan valores de variables fisiológicas con el fin de analizar el comportamiento y el orden que siguen dichas variables con respecto al ejercicio y entrenamiento. El desempeño atlético, en términos fisiológicos, responde en las competencias por medio de distintos factores que actúan de manera sinérgica; mecanismos complejos que coinciden con dichas exigencias y que ponen en marcha la maquinaria requerida para el ejercicio. Durante el ejercicio o trabajo se producen diversos cambios en la composición, distribución de los líquidos y electrolitos del plasma. Estos cambios, están determinados por factores tales como la frecuencia e intensidad del trabajo, velocidad desarrollada, tiempo de ejercicio y nivel de entrenamiento (1).

En equinos expuestos a ejercicio y a altas temperaturas ambientales, la sudoración es el principal medio de conservar el equilibrio térmico. La sudoración profusa resulta del ejercicio, excitación, dolor y administración de sustancias. Los equinos entrenados para pruebas de resistencia a humedad y temperatura ambiente elevada, pueden perder el 30% a 40% del volumen de líquido extracelular, el cual se estima en casi 100 L, o 22% del peso corporal. Estas pérdidas líquidas son sustituidas parcialmente por el agua que bebe el equino, pero una pérdida sustancial de líquido corporal (3-5% del peso corporal) puede persistir a pesar del acceso libre al agua (1).

Una de las prioridades para que la vida pueda conservarse es la retención del agua corporal y de los electrolitos sodio, potasio, cloro y bicarbonato (2). El reemplazo del agua sin adición de electrolitos importantes (calcio, potasio, sodio y cloro), conduce a la dilución de las reservas restantes de éstos en el líquido corporal (manifestados por una leve a severa hiponatremia) y a una depresión de la sed. En tales animales, el volumen globular y la concentración de proteínas plasmáticas totales aumentan, mientras la concentración de sodio sérico permanece relativamente sin cambios; sin embargo, se manifiesta hipocloremia (1,3).

Los equinos que compiten en estas carreras de resistencia pueden sufrir hipopotasemia, hipocalcemia y alcalosis metabólica por esta pérdida

de electrolitos durante la carrera, resultando inevitable el aumento de la viscosidad sanguínea, como consecuencia del hematocrito alto, y disminución del volumen plasmático hasta niveles que comprometen el trabajo cardíaco y la eficiente perfusión muscular, predisponiendo así a la fatiga, aunque se afirma que los niveles de cloro plasmático registrados después de ejercicios cortos de alta intensidad, no son tan importantes como los observados en las competencias de resistencia. Además, la elevada producción de radicales libres del oxígeno puede alterar la permeabilidad y función de membranas en estructuras involucradas con la actividad neuromuscular y transporte de oxígeno (1, 4).

En equinos de carrera, se ha observado que los cambios electrolíticos más frecuentes son la disminución de los niveles plasmáticos de cloro, potasio y calcio. Respecto al sodio, se ha reportado que sus niveles plasmáticos se mantienen o aumentan de manera relativa debido a la pérdida de agua, asociándose a una mayor excreción renal de potasio como un intento del riñón para compensar la deshidratación, reteniendo sodio con el fin de expandir el volumen extracelular. La concentración de electrolitos en sudor difiere de acuerdo a la causa de sudoración en los equinos. El sudor de ejercicio es dos veces más rico en potasio y calcio que el sudor resultante de la estimulación β_2 adrenérgica, por ejemplo, administración intravenosa de adrenalina. La adrenalina, además de estimular el sudor, intensifica la combustión de glucógeno muscular y hepático. La consecuente disminución de la reserva energética muscular, la pérdida prematura y anormal de agua y sales por la transpiración, la elevación de temperatura corporal y la inconveniente excesiva alza de la frecuencia cardíaca, influirán notablemente en la poca capacidad de finalización de la carrera en el equino. Por lo tanto, la adecuada homeostasis de los cambios fisiológicos inducidos por el estrés del ejercicio, asimismo, la integridad e integración de los recursos y mecanismos implicados, constituyen la base para lograr una buena posición de llegada a la meta, junto al menor deterioro físico del animal. Para mantener la homeostasis requerida para la buena funcionalidad de todos los procesos vitales, el equino atleta debe regular el volumen sanguíneo, la presión arterial y la composición osmótica de los fluidos intra y extra celulares (1, 5, 6).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las

variaciones fisiológicas de las concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro en caballos mestizos de carrera antes y después del ejercicio.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo se llevó a cabo en el Hipódromo Río Verde de la Ciudad de Benjamín Aceval, (coordenadas geográficas 58° 13' Sur 57° 34' 00' Oeste), ubicado en el Departamento de Presidente Hayes, Paraguay. Se obtuvieron muestras de veinte equinos mestizos, de 2 a 6 años de edad sin distinción de sexo, destinados a carrera, aparentemente sanos, muestreados en el mes de agosto del año 2013.

Se obtuvieron muestras de sangre en tres ocasiones, en reposo, 30 minutos antes del ejercicio (T0), inmediatamente después de terminado el ejercicio (T1), y después de una hora de reposo posterior al ejercicio (T2).

De cada equino se obtuvo 5 mL de sangre, mediante punción de la vena yugular en las tres oportunidades antes indicadas. Cada muestra de sangre fue colocada en tubos para obtención de suero, los cuales fueron identificados, mantenidos a 4°C y transportados al laboratorio dentro de las 3 horas.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de la División Patología Clínica del Departamento de Patología y Clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción (San Lorenzo, Paraguay), determinándose la concentración sérica de los

siguientes analitos: potasio mediante pruebas fotométricas turbidimétricas a 25 °C (578 nm), sodio mediante pruebas fotométricas por método Mg acetato de uranilo, prueba colorimétrica a 25 °C (405 nm), y cloruro mediante pruebas fotométricas colorimétricas, método TPTZ a 25 °C (600 nm) (7). Se utilizaron kits reactivos Human Diagnostic (Wiesbaden) y fotómetro Biosystems BTS 350 (España).

Para cada analito se obtuvieron las medias aritméticas y desviación estándar (DE) de cada uno de los tiempos estudiados, los que fueron comparados utilizando la prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) (8), empleándose la prueba estadística de Tukey para las comparaciones de las medias, utilizando para el análisis el paquete estadístico Infostat (versión estudiantil) (9). Se consideró la diferencia estadísticamente significativa cuando ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la tabla 1 se aprecian las concentraciones séricas de sodio, cloruro y potasio en los diferentes tiempos estudiados. La media de los valores de sodio se mantuvo dentro del intervalo de referencia para la especie en los 3 tiempos (Tabla 1, Figura 1). Analizando la media de las concentraciones séricas en el T0 (antes de la carrera) fue de 133,9 mmol/L, descendió levemente a 133,2 mmol/L en el T1 (inmediatamente después de la carrera) para luego ascender a 137,2 mmol/L en el T2 (una hora después de la carrera) sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Tabla 1. Concentración sérica de sodio, cloruro y potasio en caballos mestizos antes, inmediatamente después y luego de una hora de carrera.

Tiempo de Estudio	Concentración de iones		
	Sodio (130-148 mmol/L)*	Cloruro (95-105 mmol/L)*	Potasio (3,1-5,5 mmol/L)*
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
T ₀	133,9± 5,30	112,7± 6,43	4,1± 0,54 ^{ab}
T ₁	133,2± 7,38	113,4± 11,47	4,6± 1,15 ^b
T ₂	137,2± 6,23	113,2± 8,31	3,9± 0,75 ^a
ANOVA (F)	2,34	0,04	8,97
Probabilidad (p)	0,10	0,96	0,01

*Intervalo de Referencia Wittwer 2012 (3). DE: desvío estándar.

** a b Letras distintas indican diferencias entre estadios ($p < 0,05$)

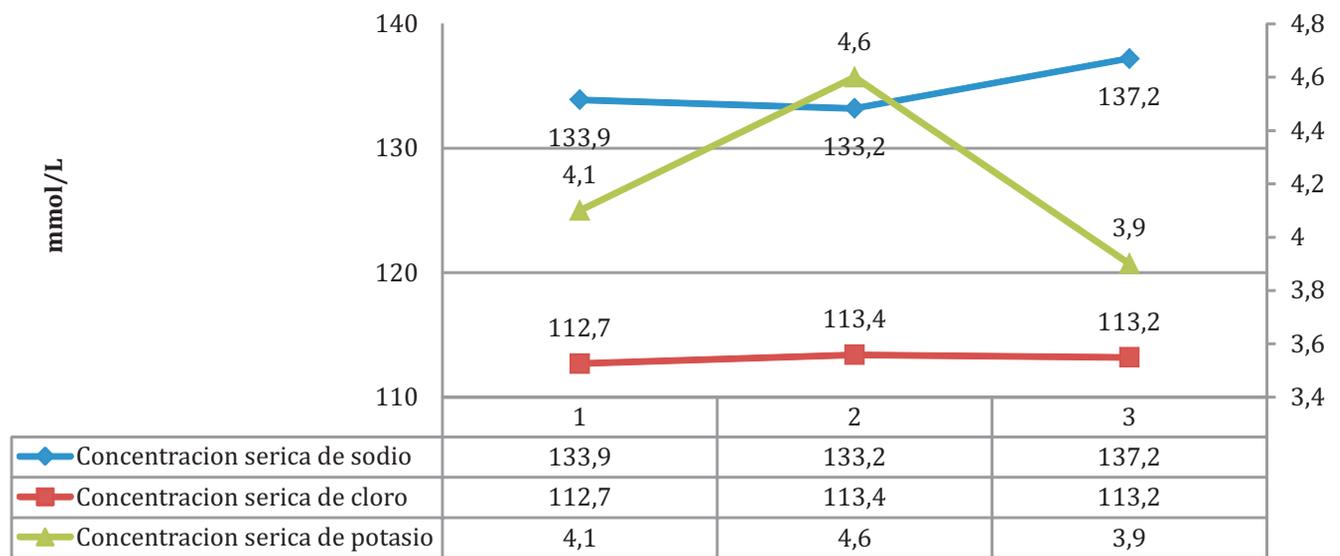


Figura 1. Concentración sérica de ion sodio, cloro y potasio en los diferentes tiempos.

La disminución en la concentración del sodio entre el T0 y T1 pudo estar relacionado a la sudoración; no obstante, el sodio es recuperado en T2, quizás por mecanismos de compensación fisiológica, vía digestiva y renal (1). Estos resultados coinciden parcialmente con el trabajo realizado por Restrepo et al 2010 (10), en el cual los valores de sodio no sufrieron variaciones significativas ($p > 0,05$) entre el reposo y el ejercicio; únicamente encontraron diferencia significativa entre T1 y T2, cuando las concentraciones aumentaron luego de estar en reposo durante una hora.

De forma similar a este estudio Di Filippo et al 2009 (11), reportó que durante todo el periodo experimental, no fueron observadas alteraciones significativas en los valores del ion sodio; esto es un hallazgo común en equinos sometidos a ejercicios de baja intensidad y gran duración como lo es la resistencia (11). Puede observarse un aumento de la concentración de este ion a los 60 minutos a causa de la pérdida de fluidos circulatorios, conforme a lo afirmado por Fernández y Larsson 2000 (12). A su vez, una disminución del sodio, observada una hora después del ejercicio fue relatada por Rose et al 1980 (13).

La media de los valores de cloruro se encontró por encima del rango de referencia en los 3 tiempos estudiados; 112,7 mmol/L, 113,4 mmol/L y 113,2 mmol/L para el T0, T1 y T2 respectivamente. Los valores obtenidos son muy similares, no habiendo diferencias significativas entre ellas ($p=0,96$). Estos resultados no coinciden con los

obtenidos por Islas et al 2006 (14), en el cual el cloruro desciende después de 5 min (T1) de haber terminado el ejercicio ($p > 0,05$) y 15 min (T2) después se produce un descenso significativo del cloro en T1 y T2 ($p > 0,05$). Para mantener neutralidad eléctrica, el cloro se mueve con el sodio y es opuesto al bicarbonato (HCO_3). Los factores que permiten la hipernatremia y la hiponatremia afectan similarmente los niveles de cloro (11). El descenso escaso en la concentración plasmática de cloro y el incremento en la concentración intracelular del mismo en los glóbulos rojos, observados durante ejercicio intenso puede ser explicado por el intercambio entre cloro y bicarbonato, el cual sirve para reducir la acidosis plasmática (1, 15).

La media de las concentraciones séricas del potasio se encontró dentro del intervalo de referencia para la especie en los tres tiempos estudiados, pero se comportaron de manera diferente a los demás electrolitos. La media en el T0 (antes de la carrera) fue de 4,1 mmol/L, aumentó sin diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) a 4,6 mmol/L en el T1 (inmediatamente después de la carrera), disminuyendo posteriormente a 3,9 mmol/L en el T2 (1 hora después de la carrera), con diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$). El aumento del potasio entre el tiempo T0 y T1 pudo deberse a la salida del potasio desde la fibra muscular hacia el exterior de la célula incrementando a una mayor intensidad del ejercicio y la disminución en el tiempo T2 podría deberse a un reingreso del potasio a las células musculares (1).

El potasio es un ion intracelular importante y

menos del 2 % del total del cuerpo se encuentra libre en el plasma. Por lo tanto, las concentraciones plasmáticas no son un reflejo exacto del contenido del mismo en el organismo entero. Normalmente, la dieta del equino es alta en potasio y los riñones son muy eficaces en excretar el exceso, y algo del mismo se pierde a través del tracto gastrointestinal y el sudor. En adición, este ion puede cambiar entre el compartimiento intracelular y extracelular, resultando en concentraciones más bajas o altas. Se debe tener en cuenta que el potasio también es liberado de las células musculares durante el ejercicio, y la hiperkalemia puede ser vista después de un corto tiempo en un ejercicio agotador (15).

En un estudio realizado en Bogotá, Colombia, sobre los valores fisiológicos de sodio, potasio e ion calcio en plasma, con su variación pre y pos ejercicio, en caballos de paso fino, se obtuvo como resultado los valores normales para la raza en los diferentes tiempos y la curva de comportamiento de los electrolitos. El Na⁺ en el T2 aumentó significativamente después del reposo pos ejercicio, mientras que los valores de K⁺ y Ca²⁺ disminuyeron en T1. El ion calcio aumentó de manera significativa en T2 contrariamente al K⁺ que disminuyó (8).

CONCLUSIÓN.

La media de las concentraciones séricas de sodio y potasio se encontro dentro del intervalo de referencia para la especie en los tres tiempos estudiados, antes de la carrera, inmediatamente después y una hora después del ejercicio. Sin embargo la media de los valores de cloro se encontró por encima del intervalo de referencia en los tres tiempos estudiados.

No existieron diferencias estadísticamente significativas al comparar la media de las concentraciones séricas de sodio y cloro en los tres tiempos. Por otro lado, la media de los valores de potasio disminuyó una hora después de la carrera con respecto al valor medio inmediatamente después del ejercicio. Los resultados evidencian variaciones fisiológicas y coinciden parcialmente con la bibliografía consultada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Boffi, F. Fisiología del ejercicio en equinos. Buenos Aires: Intermedica; 2007.

2. Cunningham, J. Fisiología Veterinaria. México: McGraw-Hill Interamericana; 2003.

3. Wittwer F. Manual de Patología Clínica Veterinaria. 2ª ed. Valdivia: América; 2012.

4. Kraft D. Diagnóstico Clínico de Laboratorio en Veterinaria. Madrid: Intermédica; 2000.

5. Rodríguez A. 2006. Determinación de proteínas plasmáticas Na, K, Cl y Ca en equinos mestizos sometidos a un ejercicio en Treadmill. (en línea). Chillán, Chile. Consultado el 14 de abril de 2013. Disponible en: www.bibliodigital.udec.cl/sdx/UDEC4/tesis/2006/rodri-gueza/doc/rodri-gueza.pdf

6. Osorio J. 2008. Cambios fisiológicos de variables sanguíneas como respuesta a la competencia de salto en equinos atletas. (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado el 20 de abril del 2013. Disponible en: www.repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/5562/1/T14.08%2005c.pdf

7. Burtis C, Brunns D. Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. 7a ed. Philadelphia: Saunders; 2014.

8. Martínez-González M, Sánchez-Villegas A, Faulín J. Bioestadística amigable. 2ª ed. Navarra: Díaz de santos; 2008.

9. Software estadístico InfoStat. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; 2014. (10 de agosto del 2014) Disponible en: http://www.fca.proed.unc.edu.ar/file.php/68/Tutorial_s oft.pdf

10. Valdés Restrepo C, Restrepo J, Triana J, Mendoza G, Mutis C, Ramírez E, Galindo C. Determinación de los valores fisiológicos del sodio, potasio y el ion calcio en plasma, con su variación pre y post ejercicio en caballos de paso fino en la sabana de Bogotá. Rev Med Vet. 2010; 20(2): 71-80.

11. Di Filippo, Wehrle L, Galindo C, Giannoccaro M, Braga C, Correa J, Santana Alterações hemogasométricas e eletrolíticas de cavalos da raça árabe durante prova de enduro de 60 km. Cien Anim Bras. 2009; 10 (3): 840-846.

12. Fernandes W, Larsson M. Alterações nas concentrações séricas de glicose, sódio, potássio, uréia e creatinina, em equinos submetidos a provas de enduro de 30km com velocidade controlada. Ciência Rural (SantaMaria). 2000; 30 (3): 393-398.

13. Rose R, Arnold K, Church S. Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. Equ Vet Journ. 1980; 12 (1): 19-22.

14. Islas A, Merino V, Mora G, Quezada M, Kraushaar R, Figueredo M. Determinación de sodio, potasio, calcio y cloro en equinos entrenados para participar en prueba de resistencia. Av Cienc Vet. 2006; 21 (1y2): 8-13.

15. Walton, R. Equine Clinical Pathology. Iowa: Wiley Blackwell; 2014.