

Comportamiento de los electrolitos: Sodio, Cloro y Potasio pre y post ejercicio en equinos atletas de alto rendimiento en salto en Bogotá¹

Claudia Aixa Mutis Barreto* / Tania Elena Pérez**
Eugenio Ramírez Cardona*** / Mario Roa Salgado****
Jorge Armando Ramírez Troncoso*****

RESUMEN

Se determinó y analizó el comportamiento de los electrolitos sodio (Na⁺), cloro (Cl⁻) y potasio (K⁺) en equinos atletas de alto rendimiento en salto en Bogotá, con el fin de establecer los valores normales en reposo y la respuesta de los electrolitos al ejercicio. Las muestras fueron tomadas en la Escuela de Equitación del Ejército Nacional, Club los Arrayanes y la Escuela de Carabineros de la Policía Nacional (CESPO) en la ciudad de Bogotá. Se utilizaron 40 equinos deportistas de salto alto, hembras y machos, entre los 6 y los 12 años de edad. Se tomaron muestras en cuatro tiempos: T0 (Reposo), T1 (inmediatamente después de los saltos), T2 (entre media y una hora después de los saltos) y T3 (entre la 1 hora y hora y media después de los saltos). Como resultado se obtuvo los valores normales en los diferentes tiempos y se esta-

bleció la curva de comportamiento de los electrolitos. Los valores obtenidos en mmol/L fueron: para el T0: Sodio: 140.70±2.61, Potasio: 3.67±0.98, Cloro: 101.76±1.48; para el T1: Sodio: 130.56±34.59, Potasio: 4.34±0.29, Cloro: 103.81±2.07; para el T2 Sodio: 129.92±33.48 Potasio: 3.79±0.29, Cloro: 101.21±2.22; y, por último, el T3: Sodio: 139.07±3.96, Potasio: 3.90±0.37, Cloro: 101.07±2.28. Este trabajo es un gran aporte a la medicina deportiva del país ya que esta información no existía en el país y se puede trabajar ahora la medicina deportiva con fundamentos científicos.

Palabras clave: equinos, medicina deportiva, Sodio, Cloro, Potasio.

¹ Trabajo de investigación realizado con el apoyo de la Universidad de La Salle y en convenio con la Escuela de Equitación del Ejército y el Centro de Estudios Superiores de la Policía, para el grupo de Investigación: "Medicina Deportiva en Animales" con categoría B en Colciencias. Se agradece la participación del Club Arrayanes.

* Médica Veterinaria ULS, MSc., Docente e investigadora de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de La Salle. Correo electrónico: cmutis@lasalle.edu.co

** Médica Veterinaria de la Universidad de La Salle. MSc. Asistencia particular. Correo electrónico: taniaperezmv@hotmail.com

*** Médico Veterinario de la Universidad de La Salle, Esp. Docente Facultad de Medicina Veterinaria Universidad de La Salle. Correo electrónico: necura2000@yahoo.es.

**** Médico Veterinario. Esp. Reproducción equinos. Médico Veterinario Escuela de Equitación del Ejército. Correo electrónico: marioroas@gmail.com

***** Médico Veterinario. Esp. En Sanidad Animal. Médico Veterinario Escuela de Equitación del Ejército. Correo electrónico: mandyhorse37@hotmail.com

Fecha de recepción: 12 de febrero de 2007.

Fecha de aprobación: 4 de septiembre de 2007.

ELECTROLITIC BEHAVIOR OF SODIUM, CLORUM AND POTASSIUM, PRE AND POST EXCERSIVE IN HIGH PERFORMANCE ATHLETIC JUMPING HORSES AT BOGOTÁ

ABSTRACT

An study was done to determine and analyse electrolites as sodium, clorum and potasium in athletic jumping horses of high performance at Bogotá. Samples were taken at rest and after jumping exercise, with the purpouse to stablish normal values. The investigation was done at Escuela de Equitación del Ejército Nacional, Club los Arrayanes and la Escuela de Carabineros de la Policía Nacional (CESPO) at Bogotá city. 40 high performance jumping horses were used, males and females between 6 and 12 years old. Samples were taken at four different times: T0: At rest, T1: immediately after jumping, T2: between half an hour and an hour, T3: between 1 hour and 1 hour and a half. As a result normal values were

obtained at the different times sampled, stablishing normal electrolitic behavior curves. Results were (mmol/L): T0: Sodium: 140.70 ± 2.61 , Potassium: 3.67 ± 0.98 , Clorum: 101.76 ± 1.48 ; para el T1: Sodium: 130.56 ± 34.59 , Potassium: 4.34 ± 0.29 , Clorum: 103.81 ± 2.07 ; T2 Sodium: 129.92 ± 33.48 Potassium: 3.79 ± 0.29 , Clorum: 101.21 ± 2.22 ; T3: Sodium: 139.07 ± 3.96 , Potassium: 3.90 ± 0.37 , Clorum: 101.07 ± 2.28 . This investigation helps to Colombian sports equine medicine, because this information were not available before.

Key words: equines, sports medicine, sodium, potassium, clorum.

INTRODUCCIÓN

En Colombia existe una alta actividad ecuestre, pero aún no se trabaja la medicina deportiva, debido a que no existen estudios científicos suficientes que permitan al médico veterinario prestar un apoyo. Con esta investigación se busca seguir enriqueciendo la temática con el fin de aprovechar al máximo la alta calidad de equinos y de jinetes que tiene el país.

El cambio de los electrolitos séricos son el reflejo de la intensidad y la duración del ejercicio. En equinos es de suma importancia recordar que una forma de termorregular es la sudoración, la cual está acompañada por la pérdida de cloruro de sodio, potasio, calcio y magnesio. Incluso dependiendo del esfuerzo realizado se puede perder entre 16 a 23 g de sodio; 6

a 8g de potasio y 31 a 44g de cloruro como sucede en caballos Pura Sangre Inglés durante carrera, obviamente esto varía en cada individuo (Boffi, 2006).

Para Boffi (2006) los valores normales para los electrolitos son: sodio: 132 a 146mEq/L, potasio: 2.4 a 4.7 mEq/L y cloro 99 a 109 mEq/L, en estado de reposo, pero estos valores pueden cambiar de acuerdo a la dieta, el tipo de trabajo y el estado de homeostasis de cada animal.

Carlson, en 1998, recopiló información de diferentes autores comparando valores en reposo y postejercicio, lo cual indica que debe hacerse investigación específica agrupando los animales de acuerdo a raza, tipo de alimentación, tipo y duración del ejercicio (ver Tabla 1).

TABLA 1. EFECTOS DEL EJERCICIO EN LA CONCENTRACIÓN DE ELECTROLITOS EN EL PLASMA EN CABALLOS PURA SANGRE

| Electrolito | Referencia | Judson <i>et. al</i> | | Keenan | | Snow <i>et. al.</i> | | | |
|-------------|---------------|----------------------|------|--------|------|---------------------|------|-----|------|
| | Tiempo medida | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post |
| Na+ | mmol/l | 139 | 150 | 138 | 147 | 136 | 147 | 138 | 148 |
| K+ | mmol/l | 3.8 | 4.0 | 3.8 | 4.1 | 3.6 | 4.0 | 3.8 | 4.2 |
| Cl- | mmol/l | 104 | 103 | --- | --- | --- | --- | 96 | 96 |

Fuente: Carlson, 1998: 413.

Estos electrolitos, son partículas cargadas eléctricamente y no sólo son simples acumulaciones inertes de sal suspendidas en un medio acuoso, sino que son sustancias indispensables para las reacciones enzimáticas, la conducción nerviosa, el mantenimiento del potencial de membrana celular, contracción y relajación muscular; por eso juegan un papel importante y comúnmente controlador de eventos físicos y metabólicos asociados con el ejercicio (Carlson, 1988). De aquí su importancia para el estudio en medicina deportiva y la necesidad de estudiarlos en detalle.

El sodio (Na+) es el principal catión del líquido extracelular (LEC). Aproximadamente 45% de la reserva corporal de sodio (Na+) se encuentra en el LEC, 45% en el hueso y el resto es intracelular. Aunque la mayor parte del sodio del cuerpo está en una forma que se puede intercambiar con facilidad, prácticamente la mitad del sodio (Na+) en el hueso no se intercambia con los iones de sodio de los compartimentos líquidos (Cogan, 1997).

El potasio (K+) es el segundo catión más abundante del organismo y, por esta razón, es crítico para nu-

merosas funciones metabólicas de las células, tal como la acción óptima de numerosas enzimas, para crecimiento y división, y para conservar el volumen celular normal. La distribución de potasio entre los espacios interno y externo de las células también es importante debido a que determina el potencial eléctrico de la membrana celular y, por lo tanto, afecta la excitación y contracción en las células neuromusculares. El potasio (K⁺) por ser el principal catión en el líquido intracelular tiene una importancia primaria en su conservación; aunado al sodio y al cloruro, contribuye a la regulación de la presión osmótica y el equilibrio ácido básico. El mecanismo primario de la absorción del potasio es la difusión pasiva paracelular, la cual ocurre como respuesta a este gradiente de concentración. Una ramificación clínica de este mecanismo es que la absorción del potasio (K⁺) se encuentra acoplada con la absorción de agua. Casi todo el potasio filtrado se reabsorbe en los túbulos contorneados proximales.

En consecuencia, el potasio que se encuentra en la orina es el resultado de la secreción de los túbulos contorneados distales y los túbulos colectores. Hay dos mecanismos importantes de transporte de potasio desde el plasma, a través de las células tubulares renales y hacia el líquido tubular. Primero la secreción de potasio es muy sensible a la concentración del ión del LEC y el índice de secreción aumenta y disminuye en proporción con las concentraciones del plasma sanguíneo. El sodio (Na⁺) se bombea fuera de las células en el intercambio con el potasio que entra. Además, el transporte del sodio es electrogénico, lo que genera un potencial que favorece el movimiento del potasio al interior de la célula y hacia el lumen tubular. La concentración de potasio intracelular aumenta y el potasio difunde según su gradiente electroquímico, desde las células a través del borde luminal hacia el lumen tubular. El segundo control principal de la concentración de potasio en el LEC incluye la aldosterona. La secreción de la aldosterona por parte de la corteza adrenal es sensible

a la concentración del potasio del LEC, es decir que un pequeño aumento de la concentración de potasio provoca un gran aumento de la secreción de aldosterona (Cogan, 1997; Cunningham, 1992; Geop, 1998). El cloro (Cl⁻) es el principal compañero aniónico del sodio (Na⁺). En general, la ingestión, absorción, distribución y manejo renal del cloro se asemejan a los del sodio (Na⁺). La concentración de cloro tiende a regularse secundariamente a la regulación de sodio (Na⁺) y bicarbonato (HCO₃⁻). Si se excreta un excedente de sodio (Na⁺) por el riñón, generalmente lo acompaña el cloro. Si la concentración plasmática de ión bicarbonato aumenta, debido a una condición de alcalosis, una cantidad equivalente de ión cloro se excreta para mantener la neutralidad eléctrica de LEC. Uno de los mecanismos para la absorción del cloro (Cl⁻) es la del sodio (Na⁺) acoplado al cloro (Cl⁻), otro de los mecanismos es la absorción paracelular del cloro (Cl⁻), la cual sucede en forma paralela con el cotransporte de sodio (Na⁺), de la glucosa y de los aminoácidos. El transporte de cloro (Cl⁻) paracelular sucede por un gradiente eléctrico (Cogan, 1997).

MATERIALES Y MÉTODOS

La realización del trabajo consistió en la determinación y análisis de los valores de los electrolitos: sodio (Na⁺), potasio (K⁺) y cloro (Cl⁻) en sangre venosa; las muestras de sangre fueron obtenidas de la vena yugular antes y después del ejercicio en cuatro tiempos de muestreo. La toma de los datos se realizó en campo, utilizando un equipo portátil para química sanguínea (I-STAT®) y sus correspondientes cartuchos (S7®) para la medición de los electrolitos. Las mediciones se llevaron a cabo en las instalaciones de la Escuela de Equitación del Ejército Nacional, en el Club Los Arrayanes y La Escuela de Carabineros de La Policía Nacional (C. E. S. P. O); en la ciudad de Bogotá. Se utilizaron 40 ejemplares equinos atletas de salto machos y hembras de razas: Silla Argentina, Hannoveriano, Pura Sangre Inglés, Trackehner y Si-

lla Francés, que consumían el mismo tipo de concentrado. Las edades de estos ejemplares oscilaron entre los 6 y los 12 años de edad. Se realizó una selección previa de los ejemplares buscando equinos de alto rendimiento deportivo y que estuvieran en perfecto estado de salud. El ejercicio realizado fue: salto de 15 obstáculos cuya altura varió entre 1 y 1,20 metros, en picadero y sin jinete (salto a la mano). Los tiempos de muestreo fueron los siguientes:

- Tiempo 0 = en reposo total.
- Tiempo 1 = inmediatamente después del ejercicio.

- Tiempo 2 = entre media hora y una hora después del ejercicio.
- Tiempo 3 = evaluado entre una hora y una hora y media después de realizado el ejercicio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta en la Tabla 2 los resultados obtenidos para los electrolitos: sodio, potasio, cloro en cuatro tiempos de muestreo, para equinos atletas de salto de alto rendimiento.

TABLA 2. SODIO, POTASIO, CLORO ANTES Y DESPUÉS DE EJERCICIO EN EQUINOS DE ALTO RENDIMIENTO

| PARÁMETRO | UNID. | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-----------|--------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| SODIO | mmol/L | 140.70+/-2.61 | 130.56+/-34.59 | 129.92+/-33.48 | 139.07+/-3.96 |
| POTASIO | mmol/L | 3.67+/-0.98 | 4.34+/-0.29 | 3.79+/-0.29 | 3.90+/-0.37 |
| CLORO | mmol/L | 101.76+/-1.48 | 103.81+/-2.07 | 101.21+/-2.22 | 101.07+/-2.28 |

Se observa en esta tabla la disminución en el ión sodio y su recuperación casi total en el tiempo 3 de muestreo; es decir, entre la hora y la hora y media postejercicio, esta disminución es debida a la pérdida por el sudor de tipo hipertónico, esta respuesta es acorde a los conceptos emitidos por Boffi (2006), Carlson (1988) y Cogan (1997).

Respecto al ión potasio se encuentra un aumento (hiperpotasemia) en plasma en todos los tiempos de muestreo postejercicio y sólo en el último tiempo se acerca a los valores normales. Esto parece ser debido a que el K⁺, acompaña al lactato plasmático que según reportan Mutis y Pérez, (2005) el ácido láctico permanece aumentado en este mismo tiempo de

muestreo (34.12+/-10.77 mmol/L), con un valor que duplica el valor de reposo (15.98+/-9.48 mmol/L).

El cloro presenta un aumento en el tiempo 1 que no es significativo y en los otros tiempos tampoco presenta variaciones importantes, lo cual concuerda con lo mencionado por Boffi (2006).

En las figuras 1, 2 y 3 se muestra el comportamiento de los iones sodio, potasio y cloro antes y después del ejercicio, incluyendo los cuatro tiempos de muestreo, que sirven como parámetro o pauta de comportamiento a seguir dado que corresponden a equinos de alto rendimiento deportivo.

FIGURA 1. COMPORTAMIENTO DEL SODIO EN LOS CUATRO TIEMPOS DE MUESTREO

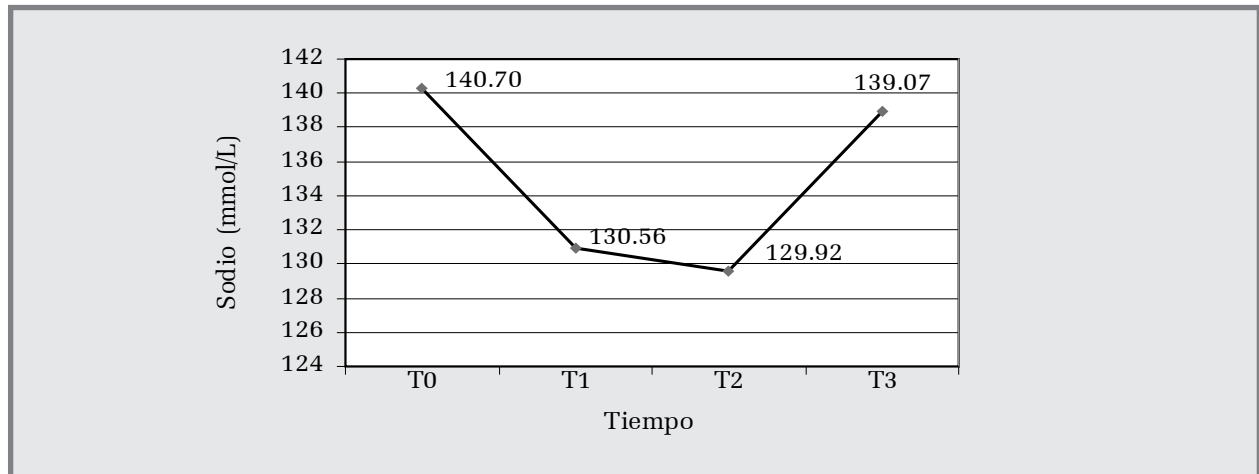


FIGURA 2. COMPORTAMIENTO DEL IÓN POTASIO EN LOS CUATRO TIEMPOS DE MUESTREO.

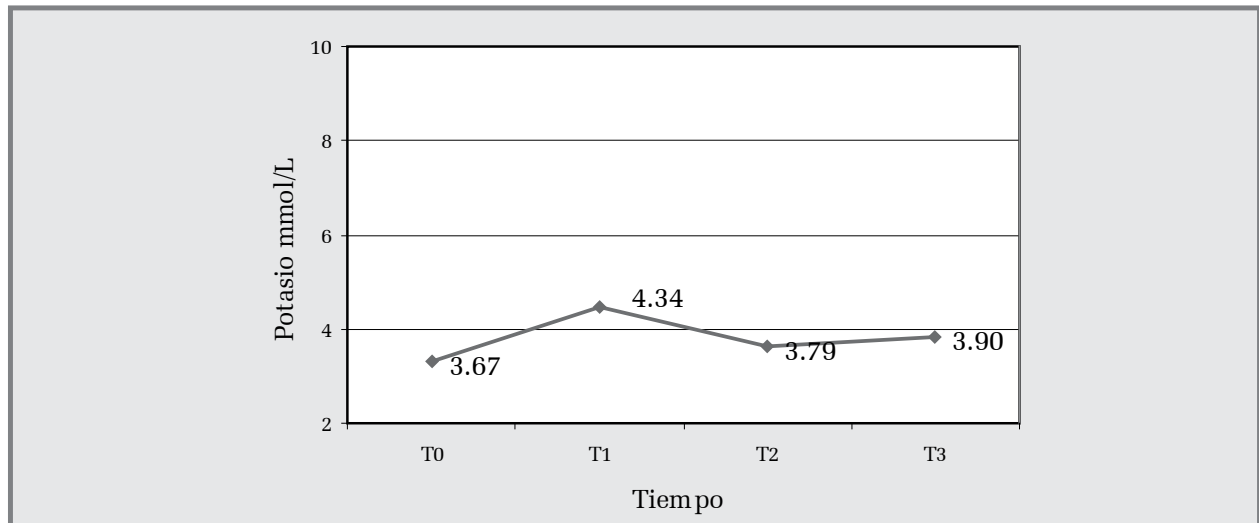
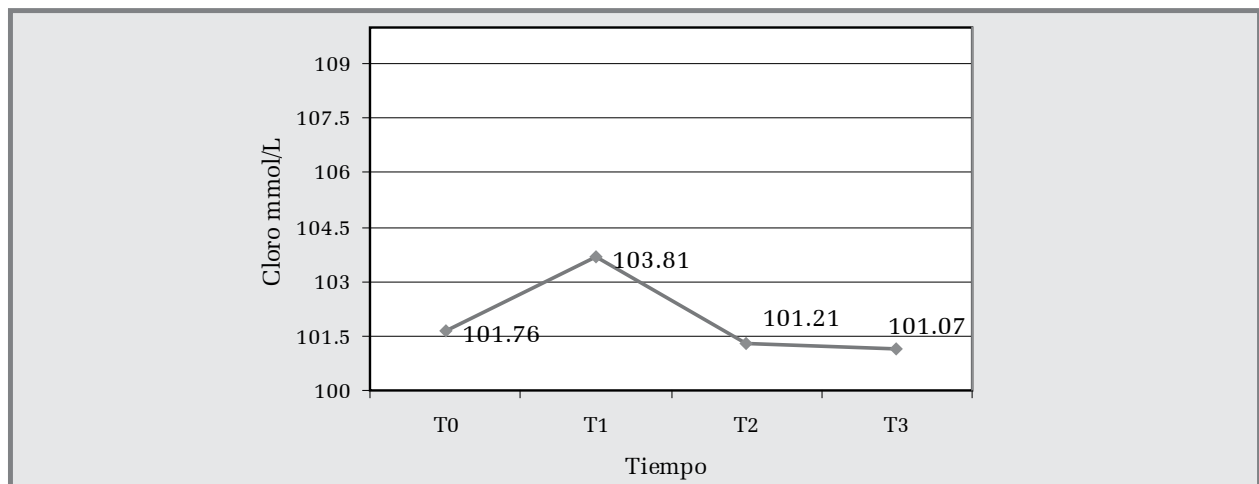


FIGURA 3. COMPORTAMIENTO DEL CLORO EN LOS CUATRO TIEMPOS DE MUESTREO.



Se puede observar que el potasio en el último tiempo de muestreo permanece elevado, por acompañar al ácido láctico, en su aumento en plasma postejercicio. Como se observa las variaciones del cloro son poco significativas.

CONCLUSIONES

Se establecieron los valores normales para los electrolitos sodio, potasio y cloro en reposo y en tres tiempos postejercicio, datos que son útiles como

referencia de comportamiento de los mencionados electrolitos, en la medicina deportiva equina.

Los electrolitos después del ejercicio regresaron a sus valores basales en el tiempo 3 de muestreo, es decir entre la hora y la hora y media en caballos de alto rendimiento.

Debe realizarse estudios en cada una de las disciplinas ecuestres, teniendo en cuenta tiempos de trabajo y su intensidad, así como el entrenamiento previo a cada competencia.

BIBLIOGRAFÍA

Boffi, F. *Fisiología del ejercicio en equinos*. Argentina: Editorial Intermédica, 2006.

Carlson, G.P. and Masnmann, R.A. "Serum electrolyte and plasma protein alterations in horses used in endurance riding". *Journal of American Veterinary Medical Association*. 165. (1988): 262 - 264.

Carlson, G.P., "Hematology and Body Fluids in the equine Athlete: Blood chemistry, Body Fluids and hematology". *Veterinary Medical Teaching Hospital University of California*. Davis CA.1998.

Cogan, M. *Líquidos y Electrolitos. Fisiología y Fisiopatología*. México: El Manual Moderno, 1997.

Cunningham, J. *Fisiología Veterinaria*. España: Interamericana McGraw Hill, 1992.

Mutis, C., y Pérez, T. "Determinación y análisis de valores de nitrógeno uréico en sangre (BUN), glucosa, creatin kinasa (CK) y ácido láctico pre y post ejercicio en una población de atletas equinos de salto en Bogotá, D. C." *Revista electrónica de veterinaria*. REDVET [http:// www.veterinaria .org/revistas/redvet](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet)