

Concentration of sweat electrolytes in Colombian Creole Horses^α

Concentración de electrolitos en el sudor del Caballo Criollo Colombiano

Concentração de eletrólitos no suor do Cavalo Crioulo Colombiano

María P Arias Gutiérrez^{1*}, PhD; Gregory Mejía Sandoval¹, MSc; Oscar A Sáenz Ruiz², MSc.

**Autor para correspondencia: María Patricia Arias Gutiérrez. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad CES, Calle 10 No 43 A 50, Barrio el Poblado, Medellín, Colombia. marias@ces.edu.co.*

**Grupo INCA-CES, línea de investigación en fisiopatología equina, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad CES, Calle 10 No 43 A 50, Barrio el Poblado, Medellín, Colombia. E-mail: marias@ces.edu.co.; ²Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Calle 59A No 63-20 Núcleo El Volador. Medellín, Colombia.*

(Recibido: 27 de noviembre, 2013; aceptado: 30 de mayo, 2014)

Abstract

Concentration of sodium, chlorine, and potassium in the sweat of Colombian Creole Horses after performing a physical activity of moderate intensity and long duration was measured. Forty randomly selected horses were subjected to physical activity of moderate intensity, average 156 beats per minute (bpm) and long duration (40 minutes) under neutral environmental conditions. After exercise, sweat samples were collected from the upper third of the neck. Sample collection included cleaning of the area, delimiting the area with Vaseline and placing a protective gauze on the neck. The gauze was retired after exercise to proceed to apply filter paper for filter-lab® quantitative analysis on the sweat-soaked skin. The filter papers were transported to the laboratory in sterile glass jars. Concentration (m-equiv/L) of sodium, potassium and chlorine from sweat was measured with a digital vapor pressure osmometer. Data were analyzed using SPSS® software. The average electrolytes values found had statistical normality and were similar to data reported in the literature for other horse breeds. The average sodium concentration was 252.25 ± 59.7 m-equiv/L, potassium concentration was 65.35 ± 18.5 m-equiv/L, and chlorine was 280.6 ± 70.2 m-equiv/L. We propose a water-electrolytic correction of sweat dehydration should be considered by administering oral beverages containing salts after a working session.

Key words

Dehydration, equine, ions, osmolarity, physical activity.

^αPara citar este artículo: Arias Gutiérrez MP, Mejía Sandoval G, Sáenz Ruiz OA. Concentración de electrolitos en el sudor del Caballo Criollo Colombiano. Rev CES Med Zootec. 2014; Vol 9(1): 43-51.

Resumen

Se midió la concentración de sodio, cloro y potasio en el sudor del Caballo Criollo Colombiano luego de la realización de una actividad física de moderada intensidad y larga duración. Se seleccionaron al azar 40 caballos, quienes se sometieron a una actividad física de moderada intensidad de 156 pulsaciones por minuto (ppm) en promedio y larga duración (40 minutos), en condiciones ambientales neutras. Después del ejercicio, se recolectó del tercio superior del cuello una muestra de sudor, para lo cual se delimitó el área de la toma de la muestra con vaselina previa limpieza, se colocó una gasa protectora en el cuello y después del ejercicio, se retiró para proceder a aplicar papel filtro para análisis cuantitativo *Filter-Lab*® sobre la piel empapada de sudor, el cual se transportó al laboratorio en frasco de vidrio estéril. Se midió la concentración de sodio, potasio y cloro del sudor en m-equiv/L con un Osmómetro Digital de Presión de Vapor. Los datos se analizaron mediante el *software SPSS*®. Los valores promedio de electrolitos encontrados en el Caballo Criollo Colombiano presentan normalidad estadística y son similares a los datos reportados en la literatura en otras razas equinas: el promedio de concentración de sodio fue de $252,25 \pm 59,7$ m-equiv/L, el de potasio fue de $65,35 \pm 18,5$ m-equiv/L y el de cloro fue de $280,6 \pm 70,2$ m-equiv/L. Se propone una corrección hidro-electrolítica de la deshidratación por sudor después de una sesión de trabajo con bebidas orales que contengan sales.

Palabras clave

Actividad física, deshidratación, equino, iones, osmolaridad.

Resumo

Mediou-se a concentração de sódio, cloreto e potássio no suor de Cavalos Crioulos Colombianos, após a realização de uma atividade física. Selecionaram-se ao acaso 40 cavalos, os quais someteram-se a exercício de moderada intensidade (156 pulsações por minuto –ppm– em média) e longa duração (quarenta minutos), em condições ambientais neutras. Após o exercício, pegou-se do tercio superior do pescoço uma amostra de suor, para o qual delimitou-se a área da toma da amostra com vaseline após uma limpeza previa, colocou-se uma gaza protetora no pescoço e depois do exercício se retirou a gaza para proceder a aplicar papel de filtro *Filter-Lab*® para a análise quantitativa sobre a pele empapada de suor, o qual transportou-se até o laboratório em frasco de vidro estéril. Mediou-se a concentração de sódio, potássio e cloreto do suor em m-equiv./L com um Osmómetro Digital de Pressão de Vapor. Os dados analisaram-se mediante o programa *SPSS*®. Os valores médios de eletrólitos encontrados no Cavalo Crioulo Colombiano apresentam normalidade estatística e são similares aos dados reportados na literatura em outras raças equinas: a média de concentração de sódio foi de $252,25 \pm 59,7$ m-equiv./L, a de potássio foi de $65,35 \pm 18,5$ m-equiv./L e a de cloreto foi de $280,6 \pm 70,2$ m-equiv./L. Propõe-se uma correção hidroeletrólítica da desidratação pelo suor após de uma sessão de trabalho com bebidas orais que tenham sais.

Palavras chave

Atividade física, desidratação, equino, iones, osmolaridade.

Introducción

La termorregulación durante el ejercicio tiene como fin disipar el calor adicional producido por la actividad muscular¹ y aunque los mecanismos de termorregulación mantienen la temperatura corporal dentro de los valores fisiológicos, la pérdida de agua y electrolitos a través de la sudoración conllevan a una deshidratación en los caballos atletas^{2,3}. Durante la actividad física, los receptores adrenérgicos β_2 de las glándulas sudoríparas son activados por el sistema nervioso simpático estimulando la sudoración como principal mecanismo de evaporación del calor^{4,5,6}; además, hay una redistribución del flujo sanguíneo, de tal manera que un mayor volumen de la sangre fluye hacia la piel, lo cual ayuda a disipar el calor latente de la sangre por vaporización⁷, de tal manera que la pérdida de agua con sales por sudoración es acompañada por la pérdida substancial de agua pura que se evapora continuamente por vía cutánea mediante la perspiración^{2,8}. Estas pérdidas llevan a un desbalance hídro-electrolítico, cuya magnitud y tipo dependen de la duración y de la intensidad de la actividad física⁸.

En equinos, a diferencia de los humanos, el sudor es hipertónico con respecto al plasma⁹, y los electrolitos más abundantes son sodio, cloro y potasio, mientras que las concentraciones de calcio y magnesio son bajas^{8, 10, 11, 12}. La naturaleza del sudor equino es alcalina, ya que las glándulas sudoríparas del equino son predominantemente secretoras de aniones, como cloro, bicarbonato, sulfatos y fosfatos^{8,13}. Además, el sudor equino tiene una concentración inusualmente alta de proteínas, de 0,75 a 1,24 g/L, las cuales le proporcionan una consistencia espumosa al mismo, y por sus propiedades surfactantes, se cree que estas facilitan una distribución más pareja del sudor sobre la superficie de la piel, mejorando la evaporación^{7,8,14,15,16}.

Varios métodos se han empleado para obtener el sudor del equino y estudiar su composición^{12,17}. Generalmente, se colocan almohadillas de algodón absorbentes en la piel, bajo la silla de montar, y se recolecta con una pala plástica estéril el sudor producido en el área cubierta¹⁴. Geor *et al.* (1996), midieron la osmolalidad del sudor en muestras recogidas durante el ejercicio en diferentes ambientes climáticos, y hallaron una osmolaridad de 303 mOsm en ambiente fresco y seco y 339 mOsm en condiciones calurosas y secas⁶². Kingston *et al.* (1997) encontraron una osmolalidad sudor de 290-320 mOsm y una correlación entre las concentraciones de Na⁺ y Cl⁻ y la tasa de sudoración durante el ejercicio. Beely *et al.* (1986) reportaron una osmolalidad de 535-565 mOsm durante infusión de adrenalina¹⁸. La concentración de sodio, cloro y potasio del sudor equino determinada por diferentes autores se muestra en la tabla 1.

Algunos autores han descrito que la composición del sudor producido durante el ejercicio varía de acuerdo con la tasa de sudoración, lo cual depende a su vez de la intensidad y la duración del ejercicio, siendo la concentración de sales mayor al inicio del ejercicio, como resultado de una variable secreción de epinefrina circulante y su efecto sobre las glándulas sudoríparas^{5,16,19}. La reposición hidroelectrolítica después del ejercicio es un aspecto cada vez más relevante en la fisiología del ejercicio de los caballos atletas. En los Caballos Criollos Colombianos deshidratados por actividad física, la fluidoterapia no se realiza con base en las pérdidas electrolíticas sufridas por sudoración, ya que no se conoce la composición iónica del sudor en esta raza, lo cual se refleja a menudo en complicaciones como fatiga, con o sin acidosis láctica, estrés y alteraciones subclínicas. El objetivo del presente estudio fue determinar la concentración de los principales electrolitos del sudor del Caballos Criollos Colombianos después de realizar una actividad física de moderada intensidad (frecuencia cardiaca promedio de 155 ppm) y larga duración (40 minutos), bajo condiciones ambientales neutras.

Tabla 1. Concentraciones de sodio, potasio y cloro (mMol/L) descrita por diversos autores.

<i>Na+</i>	<i>K+</i>	<i>Cl-</i>	<i>Condiciones ambientales</i>	<i>Referencia</i>
159 ± 5,8	39,6 ± 1,5	194 ± 5,8		McConaghy F <i>et al.</i> 1995
131,8 ± 42,5	53,1 ± 20,6	174,4 ± 65,5		Carlson GP <i>et al.</i> 1979
143,5	37,5	181,5		McConaghy F <i>et al.</i> 1995
159	32	165		Rose RJ <i>et al.</i> 1980
1174	2276	1635		Hoyt HK <i>et al.</i> 1905
139	28	154	Ambiente fresco y seco	Geor RJ <i>et al.</i> 1996
167	33	181	Ambiente cálido y seco	Geor RJ <i>et al.</i> 1996
120 ± 17	36,3 ± 7	150 ± 19		Meyer vH <i>et al.</i> 1990
165 ± 15	44,9 ± 9,20		20 °C	Janson A <i>et al.</i> 1995
180 ± 10	53 ± 7		35 °C	Janson A <i>et al.</i> 1995
110	30–36	140	24 °C	Kingston JK, 1997

Materiales y métodos

Población y muestra

En una población de 400 caballos, se seleccionaron 40 Caballos Criollos Colombianos, adultos (entre cuatro y ocho años de edad), que se encontraban en periodo de entrenamiento, de los cuales 27 eran machos y 13 eran hembras. El 50% de los caballos eran trochadores, el 20% trochadores galoperos, el 15% eran trotones galoperos y el 15% se desempeñaban en paso fino. Todos los animales realizaban diariamente una rutina similar de entrenamiento y fueron conducidos por el mismo montador, trabajando a una intensidad moderada durante 40 minutos. Se realizó un examen físico general para asegurar que los caballos se encontraban en buen estado de salud y en especial, en balance hídrico.

Lugar de estudio

La toma de muestras de sudor se realizaron en las horas de la mañana, en el Municipio de Sabaneta, Antioquia, ubicado a una altura de 1450 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura ambiental promedio de 21°C (SEM 0,8) y una humedad relativa ambiental de 59,5% (SEM 0,5).

Técnica de muestreo

Los caballos seleccionados realizaron su rutina de entrenamiento diario, que consistió en desempeñarse

en su paso (paso fino, trocha, trote y galope) durante 40 minutos a una intensidad moderada (FC promedio= 156 ppm). La frecuencia cardiaca se registró, minuto a minuto, con un pulsómetro con dispositivo especial para caballos *Polar S 810* y se grabaron en el programa *Polar Horse Trainer* para controlar que los caballos realizaran una actividad física de moderada intensidad (datos no presentados en la presente publicación). Antes de iniciar la sesión de ejercicio, la piel del lado derecho del cuello se frotó con agua destilada y se secó, para asegurar que el área donde se recolectó el sudor estuviera totalmente seca y libre de contaminación por polvo. Luego se delimitó el área de la toma de sudor con vaselina para disminuir la contaminación por goteo de sudor de la parte superior a la zona limpia, se colocó una gasa de algodón en el cuello la cual se fijó con microporo y después del ejercicio, se retiró la gasa protectora para proceder a tomar las muestras de sudor. Utilizando guantes de látex, se aplicó un papel filtro para análisis cuantitativo FILTER-LAB® sobre la piel del área seleccionada y cuando éste estuvo empapado de sudor, se introdujo en un frasco con tapa rosca estéril.

Procesamiento de las muestras

Las muestras se llevaron inmediatamente al laboratorio para su procesamiento. Todos los parámetros se midieron con un Osmómetro Digital de Presión de Vapor. En

el laboratorio, se escurrió del papel absorbente con guantes estériles, para extraer el sudor y colectarlo en un contenedor estéril. En el platillo para la muestra del osmómetro se colocó un disco de papel de filtro y sobre este se añadió 10 µL de la muestra de sudor a temperatura ambiente, asegurando que su difusión fuera uniforme en el papel de filtro. Luego se introdujo el platillo con la muestra dentro del osmómetro y se tomó nota del valor registrado. El osmómetro midió la concentración de sodio, potasio y cloro del sudor en m-equiv/L.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el *software SPSS®*. Se aplicaron test de normalidad y cálculo de estadística descriptiva para todas las variables estudiadas. Se estableció la normalidad de los datos y a partir de esto se caracterizaron las muestras con media y desviación estándar y se calcularon los intervalos de confianza para la media.

Resultados

En el presente estudio los caballos siguieron una rutina de entrenamiento en la cual trabajaron a una intensidad moderada durante 40 minutos, período durante el cual perdieron una cantidad considerable de sudor. Se encontró que los datos promedio de la concentración de los principales electrolitos del sudor del Caballo Criollo Colombiano concuerdan con los valores descritos en la literatura en caballos atletas y son estadísticamente normales.

En la tabla 2 y la figura 1 se muestran los valores promedio y la desviación estándar de la concentración de sodio, potasio y cloro en el sudor del caballo Criollo Colombiano. En total, estos tres electrolitos aportan 598,2 m-equiv/L de solutos al sudor (Figura 1). Estos valores se obtuvieron bajo las siguientes condiciones ambientales: 59.5% de HR (SEM 0,5) y 21°C de T (SEM 0,8) y 1450 m.s.n.m.

Tabla 2. Concentraciones de sodio, potasio y cloro (equiv/L) en el Caballo Criollo Colombiano.

Ion	Sodio (m-equiv/L)	Potasio (m-equiv/L)	Cloro (m-equiv/L)	Osmolaridad total del sudor (m-equiv/L)
Concentración	252,25 ± 59,7	65,35 ± 18,5 equiv/L	280,6 ± 18,5 equiv/L	598,2 ± 18,5 equiv/L

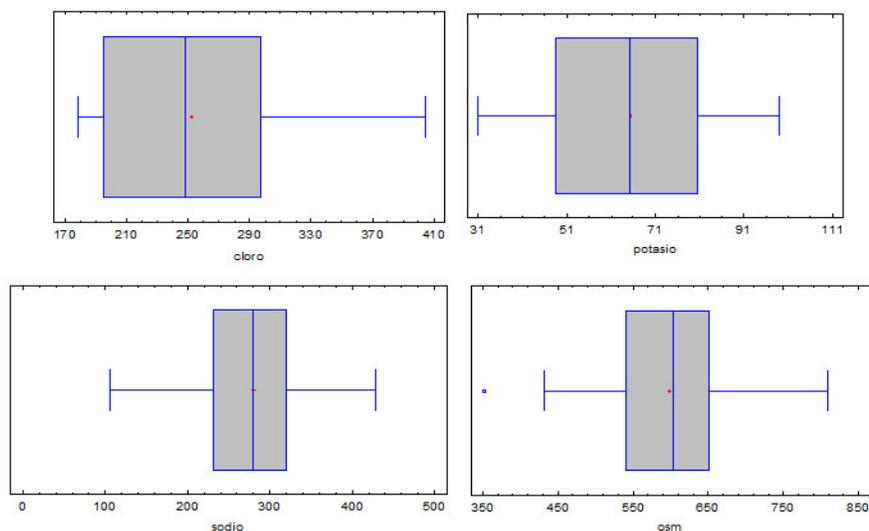


Figura 1. Gráficos de Caja y Bigotes para cloro, potasio, sodio y osmolaridad.

Discusión

Actualmente, hay grandes variaciones en la literatura en cuanto a la composición del sudor equino, debido a los diversos métodos de análisis empleados por diferentes autores, a la dificultad de recolectar las muestras de sudor puro de una manera precisa, y a las diferencias raciales^{12,20}. McCutcheon *et al.* (1995) compararon las concentraciones de electrolitos en el sudor en muestras recogidas por medio de almohadillas de gasa de algodón expuestas al ambiente, almohadillas protegidas por bolsas plásticas, y muestras recogidas con bolsas plásticas, con y sin aplicación de vaselina en la piel alrededor del lugar de la toma de la muestra para evitar la contaminación. Los autores encontraron que las muestras colectadas usando gasa tenían más agua, debido a que el sudor que se colecta por raspado de la piel contiene una mayor cantidad de agua producto de la evaporación, mientras las muestras colectadas con bolsas plásticas contenían menor cantidad de iones. Además, las muestras colectadas usando vaselina mostraron una menor concentración de urea y proteínas, posiblemente por una menor contaminación. Sin embargo, las muestras obtenidas por medio de los métodos descritos no presentaron variaciones significativas en cuanto al porcentaje de agua, moléculas orgánicas e inorgánicas¹⁷.

En el presente estudio, se midió la concentración de electrolitos por medio de almohadillas de gasa de algodón expuestas al ambiente con aplicación de vaselina en la piel alrededor del lugar de la toma de la muestra para evitar la contaminación. Todos los valores de electrolitos en el sudor hallados en el presente trabajo se encontraron dentro de los rangos establecidos por otros investigadores en diversas razas equinas.

La concentración total que aportaron estos tres iones a la osmolaridad del sudor fue de 598,2 m-equiv/L, valor que sugiere que el sudor del Caballo Criollo Colombiano es hiperosmolar con respecto al plasma (290 mOsm/L)². Las implicaciones de esto son importantes, pues cuando el Caballo Criollo Colombiano se deshidrata por sudoración, pierde un fluido hiperosmolar, y por cada litro de sudor, la pérdida de sales equivale a 598,2 m-equiv de solutos, lo cual conlleva a una deshidratación hipoosmolar^{11,21}. Las consecuencias hemodinámicas de este tipo de deshidratación han sido bien estudiadas en equinos: el volumen del espacio extracelular disminuye

considerablemente debido a la pérdida de sudor como tal, pero también por el aumento de la filtración de agua hacia espacio intersticial, lo cual conlleva a una hipovolemia de gran riesgo para la vida del animal, quien puede sufrir un colapso cardiovascular si la pérdidas no se corrigen^{21, 22}. La ausencia del mecanismo de la sed y de la liberación de hormona Antidiurética (ADH) agravan esta situación^{2, 21, 23}.

La media de la concentración de sodio en el sudor del Caballo Criollo Colombiano fue de 252,25 m-equiv/L. Con respecto al plasma sanguíneo, cuya concentración de sodio es de 140 m-equiv/L², se puede considerar que la pérdida de éste electrolito por cada litro de sudor es elevada en el Caballo Criollo Colombiano. Según lo anterior, cuando los caballos sufren una deshidratación leve o de grado I, con pérdida del 5% de los fluidos corporales, la pérdida de sodio en el sudor es considerable, lo cual puede ocasionar una hiponatremia, aun cuando la deshidratación sea leve²⁴. Siendo el sodio el principal electrolito que mantiene el volumen sanguíneo, es fácil entender porque estos caballos sufren una rápida hipovolemia acompañada de fallas circulatorias periféricas^{3,23}. Cuando la deshidratación es moderada o severa, las consecuencias de la pérdida de sodio son más evidentes, la hiponatremia es responsable de signos como debilidad muscular, temores y anorexia, y el riesgo de choque hipovolemico es inminente si no se corrigen las pérdidas, al ser el sodio el principal electrolito que contribuye a mantener la osmolaridad y el volumen plasmático^{25,22}.

En cuanto a los valores hallados para la concentración de potasio del sudor del Caballo Criollo Colombiano se encontró una media de 65,35 m-equiv/L. Con respecto a los valores reportados en caballos de otras razas, este parámetro se encuentra dentro de los rangos descritos^{9,17}. Al comparar este valor con la concentración de potasio del plasma sanguíneo que es de 4.0 m-equiv/L, se puede observar que la pérdida de potasio en el sudor es muy elevada. Si la pérdida de sudor es significativa, esta puede acompañarse de una hipocalemia, la cual cursa con debilidad muscular, recumbencia prolongada, inhabilidad para levantar la cabeza, anorexia, tembor muscular y alteraciones del ritmo cardiaco^{26,27}. Se debe considerar además que al ser tan baja la concentración plasmática de

potasio, esta varía dentro de rangos muy estrechos, por lo cual, pequeñas pérdidas causan síntomas rápidamente²⁶. Adicionalmente, la pérdida de potasio es uno de los trastornos electrolíticos más difíciles de corregir por el delicado manejo del potasio, ya que el suministro de este ion requiere de muchos cuidados y no es fácil restituir su pérdida en un lapso breve de tiempo²⁴.

Los valores encontrados para la concentración de cloro del sudor del Caballo Criollo Colombiano tuvo una media de 280,6 m-equiv/L. Al igual que los otros iones medidos, los valores están dentro de los rangos promedio descritos por la literatura^{17,16}. Al comparar este valor con la concentración de cloro del plasma sanguíneo que es de 110 m-equiv/L, se puede concluir de nuevo que las pérdidas de cloro por sudor son elevadas, lo que puede ocasionar una hipocloremia que se refleja con signos como anorexia, pérdida de peso, letargia, polidipsia y poliuria ligera^{2,21}. Cuando las pérdidas de cloro superan el 10% de la concentración plasmática, las manifestaciones son más severas y el cuadro clínico se agrava con una alcalosis metabólica, y en ocasiones con una azoemia que puede ocasionar la muerte del animal, si no se trata a tiempo²⁶.

Se ha descrito además que el entrenamiento y la aclimatación influyen sobre la tasa de producción de sudor y su composición en caballos atletas^{5,12}. La raza es otro factor que modifica la tasa de producción de sudor y su composición, al ser diferente la respuesta al entrenamiento y la aclimatación entre las diversas razas^{5, 8, 10}. En el presente estudio, todos los caballos llevaban una rutina de entrenamiento diario que comenzaron desde hace mínimo 12 meses como mínimo, lo cual permite establecer que son caballos adaptados a la actividad física. Los ejemplares trabajaron a una intensidad moderada (156 ppm) durante 40 minutos, bajo condiciones ambientales neutras, esto explica porque la composición electrolítica del sudor fue consistente con los valores reportados en otras razas equinas.

Se cree que el temperamento del animal está relacionado con la concentración iónica en el sudor, al variar esta última en función de la secreción de adrenalina liberada^{6, 15}. Los caballos de temperamento brioso, como el Caballo Criollo Colombiano, liberan más adrenalina al ser más nerviosos que los caballos de 'sangre fría' o de temperamento más tranquilo, como las razas europeas. Como se dijo anteriormente, los valores de iones encontrados en esta

investigación fueron similares a los descritos en otras razas equinas, lo cual sugiere que en los Caballos Criollos Colombiano tienen respuestas fisiológicas al ejercicio similares, y que aunque la concentración de adrenalina no se midió en el presente estudio, al parecer, su liberación no fue mayor que en otras razas equinas, o que no fue lo suficientemente mayor su concentración plasmática para modificar la concentración de electrolitos en el sudor²⁸.

Los resultados indican además que después del ejercicio, el Caballo Criollo Colombiano necesita una reposición adecuada de los electrolitos perdidos en el sudor, sobretodo, considerando que la pérdida de sales es mayor que la pérdida hídrica, con relación a la osmolaridad normal del plasma. Se recomienda que después de una sesión de ejercicio en la cual se observe una pérdida importante de sudor, se hidrate al caballo con soluciones de rehidratación oral que contengan sales o con suplementos minerales, pues no basta ofrecer agua al caballo deshidratado para corregir las pérdidas hidroelectrolíticas ocasionadas por la actividad física. El suministro de electrolitos después del ejercicio puede mejorar notablemente la recuperación física del Caballo Criollo Colombiano luego de una sesión de trabajo, y evitar los problemas derivados de la fatiga por exceso de ejercicio²⁹.

Conclusiones

En el estudio se observó que la composición electrolítica del sudor de los Caballos Criollos Colombianos es similar a la composición del sudor de otras razas. Al conocer los valores normales de cloro, sodio y potasio del sudor en los Caballos Criollos Colombianos, se propone que la hidratación después de una sesión de trabajo o ejercicio se realice con bebidas orales que contengan sales para corregir los desbalances hidroelectrolíticos posteriores al ejercicio y la fatiga.

Agradecimientos

Al Instituto Colombiano de Medicina Tropical y al personal de Asdesilla por su valiosa colaboración.

Referencias

1. Cunningham J, Klein B. Fisiología veterinaria. 4a edición. España: Elsevier; 2009.
2. García A. Fisiología veterinaria. 1a edición. España: Mc Graw Hill- Interamericana; 1995.
3. Kingston JK, Geor RJ, McCutcheon LJ. Rate and composition of sweat fluid losses are unaltered by hypohydration during prolonged exercise in horses. *J Appl Physiol* 1997; 83(4):1133-1143.
4. McKenzie EC, Valberg SJ, Godden SM, Pagan JD, Carlson GP, MacLeay JM, *et al.* Plasma and urine electrolyte and mineral concentrations in Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis after consumption of diets varying in cation-anion balance. *Am J Vet Res* 2002; 63(7):1053-1060.
5. McCutcheon LJ, Geor RJ, Ecker GL, Lindinger MI. Equine sweating responses to submaximal exercise during 21 days of heat acclimation. *J Appl Physiol* 1999; 87(5):1843-1851.
6. Scott CM, Marlin DJ, Schroter RC. Quantification of the response of equine apocrine sweat glands to beta2-adrenergic stimulation. *Equine Vet. J* 2001; 33(6):605-612.
7. Frape D. *Equine Nutrition and Feeding*. 3a ed. Oxford UK- Ames IA: Blackwell Pub; 2004.
8. Hodgson D. *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. 1st edition. Philadelphia: Saunders; 1994.
9. Marlin D, Nankervis K. *Equine Exercise Physiology*. 1st edition. Philadelphia: Blackwell Publishing; 2002.
10. Rose RJ, Arnold KS, Church S, Paris R. Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. *Equine Vet. J* 1980. 12(1):19-22.
11. McCutcheon LJ, Geor RJ. Sweat fluid and ion losses in horses during training and competition in cool vs. hot ambient conditions: implications for ion supplementation. *Equine Vet J Suppl* 1996. (22):54-62.
12. Kingston JK, McCutcheon LJ, Geor RJ. Comparison of three methods for estimation of exercise-related ion losses in sweat of horses. *Am. J. Vet. Res* 1999; 60(10):1248-1254.
13. Johnson KG, Creed KE. Sweating in the intact horse and isolated perfused horse skin. *Comp. Biochem. Physiol. C, Comp. Pharmacol.* 1982; 73(2):259-264.
14. McCutcheon LJ, Geor RJ. Sweating fluid and ion losses and replacement. *Vet Clin North Am Equine Pract* 1998; 14(1):75-95.
15. Kerr MG, Snow DH. Composition of sweat of the horse during prolonged epinephrine (adrenaline) infusion, heat exposure, and exercise. *Am J Vet Res* 1983; 44(8):1571-1577.
16. McConaghy FF, Hodgson DR, Evans DL, Rose RJ. Equine sweat composition: effects of adrenaline infusion, exercise and training. *Equine Vet J Suppl.* 1995; (20):158-164.
17. McEwan Jenkinson D, Elder HY, Bovell DL. Equine sweating and anhidrosis Part 1--equine sweating. *Vet. Dermatol* 2006; 17(6):361-392.
18. Beeley JG, Eason R, Snow DH. Isolation and characterization of latherin, a surface-active protein from horse sweat. *Biochem J* 1986; 235(3):645-650.
19. Ko WH, Law VW, Wong HY, Wilson SM. The simultaneous measurement of epithelial ion transport and intracellular free Ca²⁺ in cultured equine sweat gland secretory epithelium. *J. Membr Biol* 1999; 1:170(3):205-211.

20. Allen TE, Bligh J. A comparative study of the temporal patterns of cutaneous water vapour loss from some domesticated mammals with epitrichial sweat glands. *Comp Biochem Physiol.* 1969; 15:31(2):347-363.
21. Butudom P, Schott HC, Davis MW, Kobe CA, Nielsen BD, Eberhart SW. Drinking salt water enhances rehydration in horses dehydrated by frusemide administration and endurance exercise. *Equine Vet J Suppl* 2002; (34):513-518.
22. Langston C. Managing Fluid and Electrolyte Disorders in Renal Failure. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 2008; 38(3):677-697.
23. Muñoz A, Riber C, Trigo P, Castejón F. Muscle damage, hydration, electrolyte balance and vasopressin concentrations in successful and exhausted endurance horses. *Pol J Vet Sci.* 2010; 13(2):373-379.
24. Groenendyk S, English PB, Abetz I. External balance of water and electrolytes in the horse. *Equine Vet. J* 1988; 20(3):189-193.
25. Rainger JE, Dart AJ. Enteral fluid therapy in large animals. *Aust. Vet. J.* 2006; 84(12):447-451.
26. Marlin DJ, Scott CM, Mills PC, Louwes H, Vaarten J. Rehydration following exercise: effects of administration of water versus an isotonic oral rehydration solution (ORS). *Vet J* 1998; 156(1):41-49.
27. Nyman S, Jansson A, Dahlborn K, Lindholm A. Strategies for voluntary rehydration in horses during endurance exercise. *Equine Vet J Suppl* 1996; (22):99-106.
28. Tesis de grado: María Patricia Arias Gutiérrez, Gregory Mejía Sandoval, Oscar Andrés Sáenz Ruiz, Catalina Franco Garcés, Diego Alexander Mesa León, Luisa Fernanda Otálvaro López. Determinación de la concentración de electrolitos en el sudor del Caballo Criollo Colombiano durante una actividad física de moderada intensidad y larga duración. Determinación de la concentración de electrolitos del sudor en caballo criollo Colombiano en Asdesilla (Sabaneta- Antioquia). 2007. Disponible en: biblioteca Universidad CES.
29. María Patricia Arias Gutiérrez, Gregory Mejía Sandoval, Oscar Andrés Sáenz Ruiz, Catalina Franco Garcés, Diego Alexander Mesa León, Luisa Fernanda Otálvaro López. Determinación de la concentración de electrolitos en el sudor del Caballo Criollo Colombiano durante una actividad física de moderada intensidad y larga duración. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.* Septiembre 2011. Vol 24, fascículo 3. Pág. 428.