

Interrelación del hierro, selenio y zinc en sangre y pelo de caballos con el tiempo de recuperación cardiaca después del ejercicio

María del Consuelo Figueroa García*

René Rosiles Martínez*

José Marciano Romero Rojo*

Janitzio Ariel Bautista Ordóñez*

Abstract

The task of this research was to correlate blood selenium, iron and zinc content of horses to the recuperation time after physical exercise measured by cardiac frequency. Mean blood Se (73 ng/ml), Fe (52.3 µg/ml), Zn (3.5 µg/ml) and hair Se (440 ng/g), Fe (3.8 µg/g) and Zn (9.3 µg/g) contents were measured by atomic absorption spectrophotometry in 10 to 11 year old crossbreed horses. Mean cardiac basal frequency was 37/minute. Besides, the overall mean cardiac frequency after one hour of physical exercise was recovered to basal frequency in 37 minutes. Mean selenium content (115 ng/ml) and iron (62 µg/ml) were found in those horses with the fastest recuperation rate 20 minutes afterwards. Nevertheless, those horses with 60 ng Se/ml and 49 µg Fe/ml recovered 40 minutes afterwards. Blood selenium content was different among horses (it varied from 115 to 60 ng/ml) receiving the same feed. Blood Zn content did not correlate with the recuperation time.

Key words: HORSES, SELENIUM, IRON, ZINC, PHYSICAL EXERCISE.

Resumen

La interrelación del número de latidos cardiacos del animal con el contenido sanguíneo de Se, Fe y Zn permitirá a través de la medición de estos últimos predecir la capacidad cardiaca de trabajo que son los objetivos de la presente investigación. Esta investigación se llevó a cabo en diez caballos criollos de 450 kg de peso y 11 años de edad. Los resultados promedio del análisis fueron: 73 ng de Se/ml, 52.3 µg de Fe/ml y 3.5 µg de Zn/ml de sangre y 440 ng de Se/g, 3.8 µg de Fe/g y 9.3 µg de Zn/g de pelo. El promedio de la frecuencia cardiaca fue de 37 latidos por minuto. El tiempo promedio de recuperación de las constantes fisiológicas a sus valores basales después del ejercicio fue de 37 minutos. Se encontró que los caballos que presentan concentraciones de 115 ng/ml de Se y 62 µg de Fe/ml, de sangre tienen una más pronta

Recibido el 5 de diciembre de 1996 y aceptado el 16 de mayo de 1997.

* Laboratorio de Toxicología, Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

recuperación (20 min) de las constantes cardíacas después del ejercicio, pero el Zn no tuvo un índice de correlación significativa. Cuando los caballos tuvieron 60 ng de Se y 49 µg de Fe/ml de sangre, el tiempo de recuperación fue a los 40 min. El índice de correlación entre el contenido de Se y Fe sanguíneo y el tiempo de recuperación fue de - 0.84 y de - 0.71, respectivamente, lo que indica que cuando más altos sean los niveles de estos elementos el tiempo de recuperación será más corto. Las correlaciones del contenido de los elementos en el pelo con el tiempo de recuperación cardíaca no fueron significativas. De acuerdo a estos resultados, el Se y el Fe sanguíneo se pueden usar como parámetros para conocer la capacidad de recuperación después del ejercicio.

Palabras clave: CABALLOS, EJERCICIO, SELENIO, HIERRO SANGUÍNEO.

Introducción

Los elementos minerales tienen tres tipos de funciones en el organismo: 1) componentes estructurales de órganos y tejidos; 2) como electrólitos que intervienen en la presión osmótica; 3) catalizadores en sistemas enzimáticos y hormonales. Una función importante de los elementos metálicos es que forman parte de la estructura de metaloenzimas o como activadores en tales sistemas.^{4,6}

En el proceso metabólico el selenio (Se) se une a una proteína para formar la selenoproteína: glutatión peroxidasa (GSH-Px)¹³ que se encuentra en células y tejidos animales, al actuar como donador de electrones para depurar a los radicales de oxígeno libres. El sistema antioxidante formado por la vitamina E y el Se actúan de la siguiente forma: la vitamina E como componente lipídico de las membranas celulares previene la formación de peróxidos tóxicos para dichas membranas; en tanto que la GSH-Px destruye los peróxidos formados dentro del citosol.^{7,8,11}

El Se interviene en la hemodinamia del músculo esquelético y cardíaco, ayudando a mantener su homeostasis y el transporte de oxígeno, así como la integridad de los glóbulos rojos al actuar como antioxidante.^{1,3,10,13}

La deficiencia de Se y de vitamina E constituyen una de las causas de la distrofia muscular nutricional (enfermedad del músculo blanco) o también por un exceso de ácidos grasos polinsaturados (AGPI). Esta enfermedad afecta a especies tales como equinos, bovinos, cerdos, perros y gatos, e histológicamente se caracteriza por miopatía degenerativa del músculo cardíaco y esquelético. En otros órganos se observan cambios degenerativos, tales como necrosis hepática (cerdos), encefalomalacia (aves) y esteatosis hepática (en la mayoría de las especies). Los sinónimos de la distrofia muscular son: distrofia miodegenerativa, miopatía y polimiositis.⁵

En caballos, la mayoría de los casos de deficiencia de Se se presentan en potros de 1 a 10 días de edad. En adultos, la deficiencia más severa causa daño muscular (músculos masticadores y locomotores), que se traduce clínicamente en rigidez, lo que dificulta la marcha o la carrera, o aparece el desarrollo de claudicación, apatía y dolor muscular. El daño bioquímico se manifiesta con una liberación excesiva de enzimas al torrente sanguíneo, tales como la creatinina fosfocinasa (CK) y la aspartato

aminotransferasa (AST). Cuando el daño celular es grave, se libera mioglobina por lo que se le asocia con azoturia; además, aparece inmunodepresión y mal desempeño físico.¹²

La información sobre el contenido de Se, Fe y Zn sanguíneos en caballos, difiere entre los autores. En general, se señala que en caballos de entrenamiento la concentración de Se en sangre es de 150 a 180 ng/ml. Se ha observado que animales con concentraciones menores son susceptibles a enfermedades infecciosas, ya que la deficiencia de este mineral causa inmunodepresión.^{4,10}

Se consideran indicativos de intoxicación los valores de 300 ng/ml en sangre o plasma, 1200 ng/g en hígado (peso húmedo) y, 5000 a 20000 ng/g en pelo o casco. Los valores de deficiencia de Se son de 60 ng/ml en sangre; y de 200 ng/g en pelo o casco y de 170 ng/g en hígado, base húmeda.^{2,10}

Cuando la concentración de Se en plasma es menor de 60 ng/ml, y el animal no manifiesta signos clínicos, la administración de este elemento puede mejorar el desempeño físico.¹³

Los contenidos de hierro y zinc ya han sido mencionados en caballos que habitan en la ciudad de México pero no se hizo ninguna clasificación referida al esfuerzo físico desarrollado. El contenido promedio de Fe total sanguíneo notificado para caballos sanos es de 446 µg/ml; y el contenido promedio de Zn sanguíneo es de 8 µg/ml, ± 6.6 µg/ml.¹² Sin embargo, el contenido de electrólitos séricos ha sido medido con el fin de vigilar el grado de deshidratación después del esfuerzo físico.¹³ En México no existe información sobre los valores de referencia de Se sanguíneo en caballos clínicamente sanos. Los antecedentes sobre la participación del Se, del Fe y del Zn en el metabolismo oxidativo y depuración de los peróxidos señala una estrecha relación entre la capacidad oxigenadora de los pulmones y el trabajo cardíaco con el desempeño físico del caballo. Además del Se existen otros elementos que intervienen en la depuración de los radicales libres de oxígeno a través de la reacción de Fenton, como son el Fe, el Cu y el Zn. El Fe y el Zn también participan de manera directa en el transporte de oxígeno, ya que forman parte de la metaloproteína denominada hemoglobina, encargada de la captación y transporte de oxígeno de los pulmones a los tejidos. Estos antecedentes orientan a

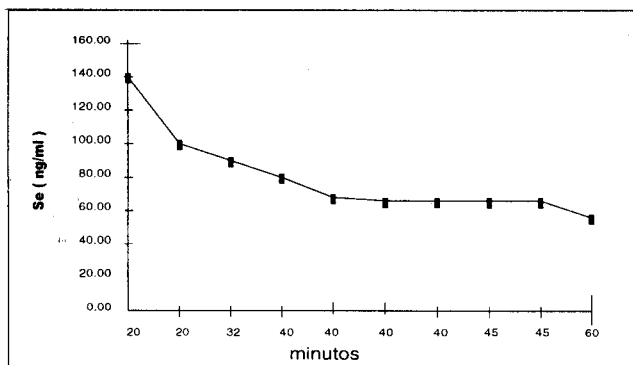


Figura 1. Correlación del tiempo de recuperación de las constantes cardíacas en caballos con la concentración de selenio sanguíneo (ng/ml).

buscar una relación entre el contenido de Se, Fe y Zn sanguíneos y los latidos cardíacos, con la capacidad de recuperación cardíaca después del ejercicio, que se consideraran como los objetivos de este estudio.¹⁴

Material y métodos

Diez caballos, de raza criolla, con un peso promedio de 450 kg, y de 11 años de edad pertenecientes al Instituto Técnico de Formación Policial, dependiente de la Secretaría de Seguridad Pública del Departamento del Distrito Federal, localizada en la ciudad de México, fueron muestreados para análisis de Se, Fe y Zn en sangre y en pelo. Los animales se alojaron en caballerizas individuales; cada animal recibió su alimento dentro de ésta, racionado en dos partes, una por la mañana y otra por la tarde. La dieta de los animales consistió en 6 kg de heno de avena, 4 kg de heno de alfalfa, 2 kg de grano de avena y 2 kg de alimento concentrado. El concentrado fue elaborado a base de gluten de maíz, sorgo, avena y suplemento vitamínico mineral. El consumo de agua fue dos veces al día, una vez por la mañana y otra por la tarde.

Para evaluar la capacidad de recuperación de los animales se les midió la frecuencia cardíaca (FC) en reposo. Posteriormente se sometió a los animales a 1 hora de

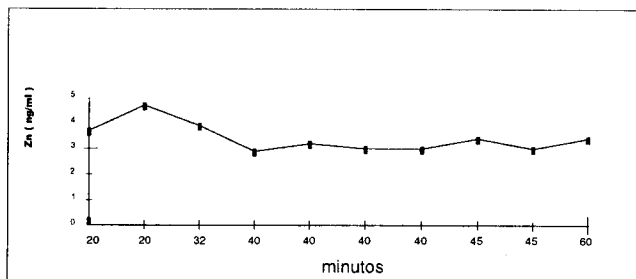


Figura 3. Correlación del tiempo de recuperación de las constantes cardíacas en caballos con la concentración de zinc sanguíneo (ng/ml).

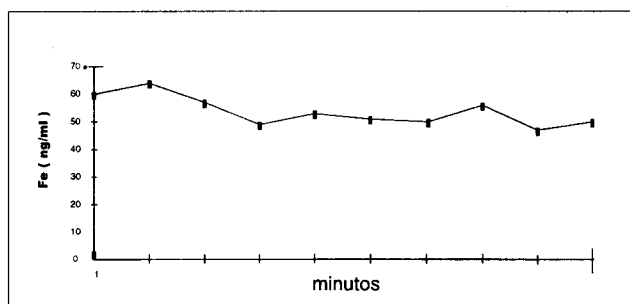


Figura 2. Correlación del tiempo de recuperación de las constantes cardíacas en caballos con la concentración de hierro sanguíneo (ng/ml).

ejercicio moderado (trote) al término del cual se midió la FC a intervalos de 10 minutos hasta llegar a los valores basales. Para la determinación de Se, Fe y Zn se colectaron 5 ml de sangre de cada animal en tubos vacutainer, mediante punción de la vena yugular antes del ejercicio. Para la determinación de Se en pelo se tomaron 5 g de la crin en el tercio medio del cuello. El análisis del selenio en sangre y pelo se llevó a cabo después de la digestión ácida inorgánica de la muestra. Para la medición se usó un generador de hidruros acoplado a un espectrómetro de absorción atómica, pero para la medición de Fe y Zn se usó el espectrómetro con flama. Las características del funcionamiento del sistema fueron las descritas en el manual de operación del fabricante.

El análisis estadístico de los resultados se realizó por medio de la prueba de regresión y correlación de Pearson⁹ para determinar la asociación de las variables a una $P < 0.05$. Con ese fin se tomó como variables independientes a los contenidos de Se, Fe y Zn en sangre de caballos y variable dependiente o de respuesta al tiempo de recuperación cardíaca después del ejercicio.⁹ También se realizó una evaluación visual de las gráficas de los resultados que muestra el número de caballos recuperados conforme al tiempo después del ejercicio.

Resultados

Los resultados de este experimento se resumen en las Figuras 1, 2 y 3 y Cuadro 1. Cuanto más Se y Fe sanguíneos contenga un caballo, más rápida será su recuperación después del ejercicio (r para Se de -0.84 y para Fe de -0.71) (Figura 1). Las concentraciones de Se y Fe sanguíneo y el tiempo de recuperación (TR) cardíaca que se registraron en los animales estudiados fueron: 58 ng/ml de Se y 49 µg/ml de Fe a los 40 minutos de TR en el 50% de los casos; 73 ng/ml de Se y 52 µg/ml de Fe a los 30 minutos de TR en el 30% y 115 ng/ml de Se y 61 µg/ml de Fe a los 20 minutos de TR en el 20% (Figuras 1 y 2). Esto indica que sólo 20% de los animales muestreados tienen concentraciones de Se y Fe sanguíneo cercanas a las que corresponden a valores de referencia de animales sanos (160 ng/ml de Se y 70 µg/ml de Fe), y el 80% restante corresponde a animales con

Cuadro I
CONCENTRACION DE Se, Fe Y Zn EN SANGRE Y PELO
DE CABALLOS CLINICAMENTE SANOS, Y TIEMPO
DE RECUPERACION CARDIACA DESPUES DEL EJERCICIO

TR (minutos)	Selenio ng		Hierro µg		Zinc µg	
	Sangre ml	Pelo g	Sangre ml	Pelo g	Sangre ml	Pelo g
20	141.8	334	59.2	2.3	3.6	8.6
20	95.9	357	62.6	2.6	4.6	8.4
32	87.9	435	56.2	3.5	3.8	7.9
40	79.9	453	44.7	3.4	2.9	11.1
40	69.3	457	52.8	4.1	3.4	10.6
40	66.6	349	49.2	7.6	3.2	8.1
40	66.6	426	48.1	3.7	3.2	10.2
45	65.3	557	55.1	3.1	3.6	10.3
45	62.6	548	45.6	4.1	3.1	8.5
60	53.9	334	49.3	4.1	3.5	9.7

TR = tiempo de recuperación.

deficiencia (< 73 ng/ml de Se y < 45 µg/ml de Fe). Aunque la concentración promedio de Se (370 ng/g) en el pelo es mayor que el de la sangre, pero no la del Fe (3.9 ng/ml), no hubo correlación significativa ($r = 0.28$ para Se y $r = 0.38$ para Fe) con el tiempo de recuperación cardiaca, probablemente debido a que el contenido de Se y Fe en pelo no representa la parte activa. El Se y el Fe del pelo es el archivo del estado nutricional del animal, que cronológicamente está relacionado con la edad de cierto fragmento.

Al evaluar la correlación entre el tiempo de recuperación cardiaca con las concentraciones de Zn sanguíneo y del pelo, no se encontró diferencia significativa

Discusión

Los resultados encontrados en el presente trabajo indican que los valores de Se sanguíneo en caballos tienen una alta correlación con el tiempo de recuperación cardiaca. Por ejemplo, los caballos que tuvieron una recuperación cardiaca a los 20 minutos, contienen un promedio de 115 ng/ml. En cambio, en aquellos cuyo contenido promedio es de 58 ng/ml, la recuperación apareció hasta los 40 minutos. Los valores intermedios de la recuperación (30 minutos) coincidieron con una cantidad intermedia de Se. Asimismo, es interesante señalar que el contenido de Se sanguíneo de 115 ng/ml corresponde más a los valores de referencia de animales sanos notificados por otros autores.^{6,8} En cambio, la concentración en los caballos que se recuperaron a los 30 minutos (73 ng/ml) y de los caballos que se recuperaron a los 40 minutos (58.3 ng/ml) corresponden a animales que sufren de deficiencia (60 ng/ml).

Estudios realizados en Estados Unidos de América por Biel *et al.*,² en caballos pura sangre, a los cuales les fue suplementada la dieta con levadura de cerveza, mostra-

ron una más rápida recuperación cardiaca en comparación con los animales que no recibieron suplementación. Probablemente la concentración de Se de la levadura de cerveza sea la causa de esta mejoría. Estudios realizados en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, indican que las levaduras de cerveza tienen concentraciones de Se hasta de 500 µg/g.

El análisis estadístico obtenido del presente estudio muestra una correlación negativa alta entre la concentración de Se y de Fe sanguíneo con el tiempo de recuperación cardiaca ($r = -0.84$ y de -0.71 , respectivamente), lo que indica que en el 80% y en el 70% de los casos estudiados existe la posibilidad de encontrar relación entre las variables en estudio. También se puede interpretar de la siguiente manera: por cada valor aumentado en X (concentración de Se o de Fe) hay una disminución en Y (tiempo de recuperación) (Figuras 1 y 2 y Cuadro 1).

Literatura citada

1. Aluja, A.S. de y Adame, P.: Miopatía degenerativa en becerros. *Vel. Méx.*, 8: 2-12 (1977).
2. Biel, M., Lawrence, L., Novakofski, J., Kline, K., McLaren, D., Moser, L. and Powell, D.: The effect of yeast culture supplementation on exercising horses. *University of Illinois*, Urbana, Illinois, 1985.
3. Blackmore, D.J., Wilett, K. and Agness, D.: Selenium and gammaglutamyl transferase activity in the serum of thoroughbreds. *Res. vet. Sci.*, 26: 76-80 (1979).
4. Coe, H.P., Maas, J., Reynolds, J. and Garner, I.: Randomized field trial to determine the effects of oral selenium supplementation on milk production and reproductive performance of Holstein heifers. *J. Am. vet. med. Ass.*, 202: 875-881 (1993).
5. Combs J., G.F., Noguchi, T. and Scott, M.L.: Mechanism of action of selenium and vitamin E in protection of biological membranes. *Fed. Proc.*, 34: 2090-2095 (1975).
6. Edmondson, J.A., Norman, B.B. and Suther, D.: Survey of state veterinarians and state veterinary diagnostic laboratories for selenium deficiency and toxicosis in animals. *J. Am. vet. med. Ass.*, 202: 865-872 (1993).
7. Hafeman, D.G., Sunde, R.A. and Hoekstra, W.G.: Effect of dietary selenium on erythrocyte and glutathioneperoxidase in the rat. *J. Nutr.*, 104: 580-587 (1974).
8. Higuchi, T., Ichijo, S., Osame, S. and Ohishi, H.: Studies on serum selenium and tocopherol in white muscle disease of foal. *J. Jpn. vet. Sci.*, 51: 52-59 (1989).
9. Johnson, R.: Estadística Elemental. *Trillas*, México, D.F., 1991.
10. Knight, D.A. and Tyznik, W.J.: The effect of dietary selenium on humoral immunocompetence of ponies. *J. Anim. Sci.*, 68: 1311-1317 (1990).
11. Maylin, G.A., Rubin, D.S. and Lein, D.H.: Selenium and vitamin E in horses. *J. Cornell Vet.*, 70: 272-289 (1980).
12. Moore, M.R. and Kohn, W.C.: Nutritional muscular dystrophy in foals. *Comp. Equine.*, 13: 476-484 (1991).
13. Morales, Q.L.M.: Análisis comparativo de elementos minerales esenciales en pelo y sangre de caballos que residen en el Distrito Federal. Tesis de licenciatura. *Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México*. México, D.F., 1989.
14. Rotruck, J.T., Pope, A.L., Ganther, H.E., Hafeman, D.G. and Hoekstra, W.G.: Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science*, 179: 588-590 (1973).