

EFECTO DE UNA PRUEBA DE EJERCICIO DE INTENSIDAD CRECIENTE EN PARAMETROS BIOQUIMICOS SANGUINEOS DE POTROS PURA RAZA ESPAÑOLA SIN ENTRENAMIENTO*

EFFECT OF EXERCISE OF GRADUALLY INCREASED INTENSITY ON SOME BLOOD PARAMETERS IN UNTRAINED SPANISH FOALS*

Agüera Buendía, E.I., M. D. Rubio Luque, S. Agüera Carmona, B. M. Escribano Durán y F. Castejón Montijano.

Departamento de Biología Animal. Sección Fisiología. Facultad de Veterinaria. Avda. Medina Azahara s/n. 14071 Córdoba. España.

Palabras Clave Adicionales

Bioquímica sanguínea. Caballo. Sangre. Lactato.

Additional key words

Andalusian Foals. Blood Biochemistry. Horse. Blood. Lactate

RESUMEN

Se ha realizado una prueba de intensidad creciente, de cuatro escalones, sobre una distancia de 1000 metros, en una pista semielíptica de arena, con una frecuencia cardíaca de 115-125 (120), 140-150 (145), 165-175 (170) y 185-195 (190) lat/min y un período de recuperación entre cada nivel de ejercicio de 5 minutos.

La toma de muestras se realizó mediante punción en la vena yugular externa, en reposo, dentro del primer minuto tras cada nivel de ejercicio y a los 5, 10 y 15 minutos de recuperación. Para los análisis, las muestras se dividieron en dos fracciones, una conteniendo sangre entera donde se investigó pH y otra conteniendo plasma donde se midió lactato, glucosa e iones (sodio, potasio, cloro). La frecuencia cardíaca se controló mediante un monitor *Polar Sport Tester* compuesto por reloj, sensor transmisor y electrodos ajustables a la cincha del caballo.

Se observó un incremento en los valores promedios de lactato y glucosa que se mantiene hasta los 15 minutos de finalizar el ejercicio.

Los electrolitos muestran variaciones con el ejercicio, mientras que la concentración de sodio y cloro disminuyen respecto al reposo; la concentración de potasio sufre un ascenso significativo con un valor máximo a los 190 lat/min, recuperándose totalmente a los 15 minutos terminada la prueba.

Se observa claramente una acidosis provocada por el esfuerzo con valores más bajos de pH a los 15 minutos de recuperación.

SUMMARY

We carried out a four-step test in which exercise was gradually intensified over a distance of 1000 m on a semielliptic sand track, in which the heart rate was 115-125 (120), 140-150 (145), 165-175 (170) and 185-195 (190) beats/min and allowed a five minute period of recuperation between each stage of exercise.

Samples were taken by puncturing the external jugular vein, prior to exercise, during the first minute following each step and additionally five, ten and fifteen minutes after the last step.

For purposes of analysis the samples were divided

*Trabajo financiado por el proyecto de investigación de la C.I.C.Y.T. con el número de referencia DEP91-0465.

into two fractions: one containing whole blood in which the pH was studied, and the other containing plasma, in which the lactate, glucose and electrolytes (sodium, potassium and chloride) were measured. The heart rate was recorded by a *Polar Sport Tester* monitor composed of a watch, a sensory transmitter and electrodes fitted to the horse's saddle strap.

We found an increase in the average levels of lactate and glucose, which remained constant during the first 15 minutes following exercise.

The electrolytes showed some variations with exercise. The sodium and chloride concentrations decreased and the potassium concentration showed a significant increase, reaching its maximum value at a heart rate of 190 beats/min. It returned to base levels 15 minutes after the end of exercise.

We observed an acidosis caused by physical strain and a reduction of pH 15 mins after the end of the period of exercise.

INTRODUCCION

Hasta ahora, la selección de la Pura Raza Española (P.R.E.), ha estado reducida a pruebas puramente morfológicas. Actualmente, se pretende determinar ciertos criterios funcionales en base a pruebas de ejercicio estandarizadas y analizar la variación con el ejercicio.

La determinación de la frecuencia cardíaca (Evans y Rose 1986; Sloet, 1988) y de la concentración de lactato durante el ejercicio (Persson, 1983; Bayly, 1983; Evans y Rose, 1988) han sido empleados por numerosos autores como métodos simples que permiten la evaluación del potencial de rendimiento y condición física en el caballo. De igual forma y como ayuda para la valoración del buen estado físico se han usado otras variables sanguíneas como glucosa (Kryzwanek,

1973; Valverg *et al.*, 1989), pH (Snow *et al.*, 1983) y electrolitos (Cohen, 1993).

El aumento de lactato en sangre durante el ejercicio está bien documentado en caballos (Persson y Ullberg, 1974; Snow y McKenzie, 1977; Engelhardt, 1977; Wilson *et al.*, 1983) y ha demostrado ser un buen indicador de la capacidad aerobia durante el ejercicio (Persson, 1983; Auvinet *et al.*, 1992).

La acumulación de lactato en sangre está relacionada exponencialmente tanto con la frecuencia cardíaca, como con la cantidad de trabajo expresado en velocidad (Persson, 1983; Wilson *et al.*, 1983 y Castejón *et al.*, 1993).

Dado que son muy escasas las publicaciones sobre el papel del caballo Pura Raza Española (P.R.E.) en el deporte, en este trabajo se pretende medir los cambios de concentración de ciertas variables sanguíneas mediante una prueba de ejercicio de intensidad creciente en pista, basada en el aumento de la frecuencia cardíaca.

MATERIAL Y METODOS

Para la realización de este trabajo se han utilizado un total de dieciseis animales machos de Pura Raza Española, de cuatro años de edad.

Los caballos se encontraban alojados en boxes individuales con unas dimensiones de 3 metros de ancho por 4 de alto. El agua era suministrada con bebederos automáticos. Alimentados 3 veces al día con una ración de avena y cebada aplastada a razón de 1,5 kg/100 kg peso vivo.

EJERCICIO FISICO EN POTROS PURA RAZA ESPAÑOLA

Los animales se sometieron a sesiones de adiestramiento a la cuerda, sin jinete primero, tiempo en que se acostumbraron a admitir la silla y posteriormente con el jinete encima, siguiendo las pautas tradicionales para este tipo de adiestramiento, durante un período aproximado de 2 a 3 meses.

La experiencia comenzó cuando el grado de adiestramiento de los animales permitió la realización de la prueba. Los caballos hicieron el ejercicio en una pista de arena semi-elíptica de 1000 metros de longitud por seis metros de anchura. Para la prueba se utilizó un monitor *Polar Sport Tester* (Sloet *et al.*, 1988). Este se compone de reloj acoplado a la muñeca del jinete que actúa como receptor y sensor transmisor incorporado a la cincha de la montura conectado a dos electrodos uno en el pliegue cutáneo de la articulación húmero-radio-cubital izquierda y otro en el pliegue cutáneo a nivel de la apófisis espinosa de la séptima vértebra torácica. El monitor permite establecer unos límites de frecuencia cardíaca (mínimo y máximo) que al ser rebasados emite un «bip» lo que alerta al jinete para aumentar o disminuir la velocidad.

Se llevó a cabo una prueba de intensidad creciente, compuesta por cuatro series de 1000 metros con un precalentamiento de 10 minutos al paso: la 1ª serie se realizó entre 115-125 (120) lat/min, la 2ª serie entre 140-150 (145) lat/min, la 3ª serie entre 165-175 (170) lat/min y la 4ª serie entre 185-195 (190) lat/min.

Los animales corrieron de tres en tres, saliendo con una diferencia de dos minutos entre ellos. Cada 1000

metros y antes de aumentar la frecuencia cardíaca se les daba 5 minutos de descanso.

Los tres jinetes eran profesionales con un peso medio de $65,3 \pm 7,2$ kg.

La toma de muestras se realizó en reposo, dentro del primer minuto de finalizar cada serie de ejercicio y a los 5, 10 y 15 minutos de recuperación, mediante punción en la vena yugular externa previa desinfección de la zona con alcohol ya que la obtención de sangre mediante catéter intravenoso se vio dificultada al obstruirse éste por el movimiento del cuello del animal durante la carrera.

Se utilizaron tubos estériles 4 ml, conteniendo en su interior heparina/litio y jeringas estériles de 10 ml.

La sangre se depositaba en dos tubos con heparina/litio: uno para su centrifugación inmediata y otro, para su refrigeración y posterior análisis en el laboratorio.

Para la realización de los análisis las muestras se dividieron en dos fracciones, una de sangre entera (sin centrifugar) y otra que contenía plasma.

Con la fracción de sangre entera se determinó el pH mediante un pHmetro con un electrodo *Checker 1*.

En la fracción compuesta por plasma se han hecho las siguientes determinaciones: glucosa mediante espectrofotometría (analizador bioquímico *QUIKLAB* (Ames), versión 2.0), lactato (Lactacidómetro portátil, modelo *P-LM5 Champion*) e Iones (Sodio, Potasio y Cloro) mediante el analizador de electrodos selectivos, modelo 644 de Ciba-Corning.

Fueron calculados los estadísticos básicos para cada parámetro, ta-

les como: media, desviación estandar, máximo, mínimo, y coeficiente de variación. Se realizó un análisis de varianza de un factor entre todos los niveles de la prueba y la diferencia de las medias de cada una de las etapas con el reposo mediante la *t* de Student. También se hicieron los coeficientes de correlación entre los parámetros analizados, durante el ejercicio y la recuperación.

RESULTADOS

LACTATO

En el presente trabajo, partiendo de unos valores de reposo de 0,94 mmol/l (**tabla I**) se ha observado un incremento de este parámetro en plasma. Esta subida es lenta durante los dos primeros niveles de ejercicio para sufrir, a partir de los 140-155 lat/min, un brusco incremento alcanzando valores de 22,56 mmol/l cuando la frecuencia cardíaca era de 185-200 lat/min, manteniéndose hasta los 15 minutos de finalizada la prueba (**figura 1**).

Al realizar un análisis de varianza al conjunto de los datos se obtiene un nivel de significación del 99,9 p. 100 ($p < 0,001$).

GLUCOSA

Durante el reposo el valor medio de los niveles plasmáticos de reposo es de $9,20 \pm 2,86$ mmol/l, concentración que disminuye durante los dos primeros niveles de ejercicio para aumentar al final del ejercicio llegando a alcanzar $12,67$ mmol/l $\pm 3,66$ mmol/l a los 5 minutos de recuperación (**tabla I**).

Al efectuar un análisis de varianza

no se pueden mencionar cambios significativos ni entre etapas ni en el conjunto de los datos.

ELECTROLITOS (POTASIO, SODIO Y CLORO)

El potasio, a los diez minutos de recuperación del ejercicio, presenta la media más baja con $3,81 \pm 0,42$ mmol/l aunque a los 15 minutos incrementa esta media hasta un valor de $3,90 \pm 0,49$ mmol/l. El valor medio más alto es en el último escalón de ejercicio (con una frecuencia cardíaca de 190 lat/min) $5,27 \pm 0,69$ mmol/l (**tabla I**).

El análisis de varianza confeccionado para las distintas etapas da altas diferencias significativas que se muestran inalteradas al hacer una

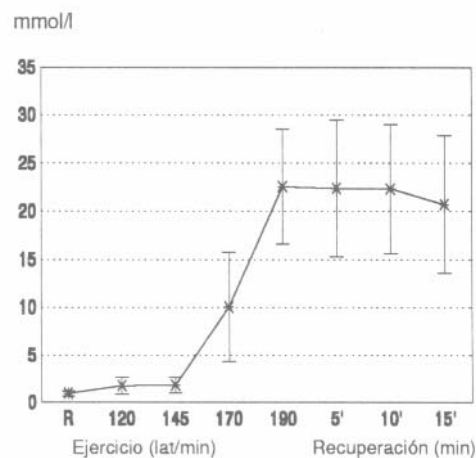


Figura 1. Valores medios de lactato en los distintos niveles de ejercicio (120, 145, 170 y 190 lat/min.) y en la recuperación (5, 10 y 15 minutos). (Lactate mean values in every exercise levels (120, 145, 170 and 190 beats/min.) and in the recovery (5, 10 and 15 minutes)).

EJERCICIO FISICO EN POTROS PURA RAZA ESPAÑOLA

comparación del reposo con el primer nivel de ejercicio, descendiendo al 95 p. 100 al comparar el reposo con el segundo nivel y llegando a ser nulo en la recuperación.

La concentración de sodio, tal y como muestra la **tabla I**, sufre un importante descenso durante los tres primeros escalones de ejercicio y recuperación pero cuando la frecuencia cardíaca fue de 190 lat/min se obtu-

vieron unos valores medios de 141 mmol/l (**tabla I**).

El análisis de varianza demostró cambios significativos entre todas las etapas.

En lo que se refiere al cloro, se ve un descenso de los valores medios a partir del 2º nivel de ejercicio 100,66 ± 1,75 mmol/l hasta 95,73 ± 2,78 mmol/l en el último nivel de recuperación (**tabla I**).

Tabla I. Medias y (desviación estándar) de los parámetros investigados en las distintas fases de reposo, ejercicio (120, 145, 170 y 190 lat/min) y recuperación (5, 10 y 15 min). N= número de datos= 16. (Means (and standard deviation) of the parameters investigated in each level of the rest and exercise (120, 145, 170 and 190 beats/min) and in the recovery (5, 10 and 15 min). N= sample size=16).

	Lactato	Glucosa	Sodio	Potasio	Cloro	pH
Reposo	0,94 (0,23)	9,20 (2,86)	142,53 (1,99)	3,94 (0,26)	100,2 (0,94)	7,39 (0,16)
Ejercicio						
120 lat/min	1,76** (0,92)	8,44 (2,81)	134,6*** (1,68)	4,54*** (0,49)	101,4** (1,50)	7,41 (0,22)
145 lat/min	1,81*** (0,84)	7,79 (2,39)	133,93*** (2,31)	4,43** (0,50)	100,66 (1,75)	7,42 (0,22)
170 lat/min	10,03*** (5,74)	9,24 (3,85)	136,13*** (2,66)	4,57*** (0,36)	99,93 (1,38)	7,35 (0,28)
190 lat/min	22,56*** (5,95)	11,29 (3,64)	141 (3,94)	5,27*** (0,69)	98,8 (2)	7,27 (0,25)
Recuperación						
5 min	22,39*** (7,08)	12,67* (5,25)	138,6 (4,43)**	3,89 (0,40)	96** (1,46)	7,16 (0,30)
10 min	22,34*** (6,69)	12,04* (3,66)	137,73*** (4,31)	3,81 (0,42)	95,8*** (1,32)	7,14 (0,31)
15 min	20,71*** (7,17)	11,54* (3,51)	136,6*** (3,45)	3,90 (0,49)	95,73*** (2,28)	7,1 (0,32)

Diferencias de medias entre el reposo y los distintos niveles de ejercicio y recuperación mediante la *t* de Student: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

pH

El valor medio más alto 7,42 se obtiene en el 2º nivel de ejercicio con una frecuencia cardíaca entre 140-155 lat/min y la media más baja a los 15 minutos de finalizada la prueba (**tabla I**).

El análisis de varianza no fue significativo en el conjunto de los datos.

Los análisis de correlación entre los distintos parámetros analizados durante el reposo y el ejercicio (**tabla II**) dan resultados significativos positivos ($p < 0,001$) el lactato con la glucosa, sodio y potasio y negativa con el cloro. También hay que mencionar que la glucosa tiene correlación negativa con el pH ($p < 0,01$) y positiva ($p < 0,01$) con el potasio. Durante la recuperación (**tabla III**) las correlaciones obtenidas son las siguientes: el lactato tiene una significación positiva ($p < 0,001$) con el sodio y $p < 0,01$ con la glucosa. La correlación obtenida con el pH es negativa con un valor de $p < 0,001$ para el lactato y el sodio. El potasio presenta una correlación muy significativa con el cloro.

DISCUSION**LACTATO**

Al igual que otros autores en el presente trabajo queda definido el aumento de los valores medios de lactato como respuesta a un ejercicio (Persson, 1983; Persson y Ullberg 1974; Ronéus, 1994).

Los grandes valores de desviación standar encontrados en los dos últimos niveles de ejercicio nos muestra la utilidad de la prueba en la diferenciación del grado de forma física de cada animal ya que aquellos con buen estado de forma tienen valores más bajos de lactato que aquellos con peor estado de forma, cuyos valores serán más altos (Persson y Ullberg, 1974; Bayly, 1987).

El hecho que en los últimos niveles de ejercicio y durante la recuperación los valores de lactato sean altos pone de manifiesto que el período de adiestramiento no ha tenido influencia en el mejoramiento de la forma física y por lo tanto la experiencia se ha realizado con caballos sin entre-

Tabla II. Coeficientes de correlación (*r*) y nivel de significación entre los distintos parámetros analizados durante el reposo y ejercicio. (Significant correlations coefficients (*r*) between various haematological parameters measured during the rest and exercise).

Lactato					
Glucosa	0,3857***				
Sodio	0,4268***	0,1978			
Potasio	0,6438***	0,3071**	0,0143		
Cloro	-0,4092***	-0,1358	-0,1524	-0,0304	
pH	-0,3413*	-0,4325**	-0,3053	-0,2871	-0,1062
	Lactato	Glucosa	Sodio	Potasio	Cloro

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

EJERCICIO FISICO EN POTROS PURA RAZA ESPAÑOLA

Tabla III. Coeficientes de correlación (*r*) y nivel de significación entre los distintos parámetros analizados durante la recuperación. (Significant correlation coefficients (*r*) between various haematological parameters investigated during the recovery.

Lactato					
Glucosa	0,4908**				
Sodio	0,7516***	0,2083			
Potasio	-0,0464	0,1757	-0,0138		
Cloro	-0,1978	0,0794	0,0865	0,5188***	
pH	-0,9607***	-0,4958	-0,8742***	-0,1098	0,0328
	Lactato	Glucosa	Sodio	Potasio	Cloro

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,01$.

nar, ya que está bien documentado que en caballos entrenados los valores de lactato durante la prueba no aumentan significativamente y además bajan rápidamente durante la recuperación (Wilson *et al.*, 1983).

Valores de lactato ligeramente más bajos se han dado en caballos de Pura Raza Española de 4 años (Castejón *et al.*, 1994). Las diferencias con nuestro trabajo pueden ser debidas a que la intensidad del ejercicio en los dos primeros niveles del ejercicio no es la misma ya que en nuestro estudio la velocidad que corresponde a una frecuencia cardíaca de 120 lat/min es de 14,04 km/h y la de 145 lat/min es de 19,98 km/h, y a que probablemente nuestros animales se encuentran en peor estado de forma física. Este último hecho se pone de manifiesto al comparar los niveles de lactato en la recuperación, observando como en nuestros animales permanecen altos, mientras que se produce una disminución en los caballos correspondientes al estudio de Castejón *et al.*, 1994.

Por otra parte Sloet *et al.* (1987) en un trabajo en que utiliza una prueba de incremento escalonado de intensidad del ejercicio, por aumentos en los valores de frecuencia cardíaca encuentran valores de lactato en reposo parecidos a los nuestros, tanto en caballos de resistencia como en caballos de silla. Thornton *et al.* (1983) señalaron que la concentración de lactato en reposo no cambia significativamente con el nivel de entrenamiento o estado de forma del animal. No obstante, cuando el ejercicio se hace intenso nuestros resultados son superiores tanto a los caballos entrenados para resistencia como para los de silla (Sloet *et al.*, 1987), lo que pone de manifiesto la falta de entrenamiento de nuestros animales.

GLUCOSA

Se han dado valores normales de reposo en el caballo entre 4,16-6,38 mmol/l (Kaneko y Cornelius, 1970). Los altos valores de glucosa plasmática durante el reposo en nuestros

potros pone de manifiesto el efecto hiperglucemiante atribuible al estrés que en estos animales produce los prolegómenos de la carrera, sobre todo si se tiene en cuenta que eran conducidos desde los boxes a la pista por los jinetes.

La disminución de los valores de glucosa entre el primer nivel de ejercicio con respecto al reposo y del segundo con el primero, es debida a la utilización de esta como sustrato energético ya que la glucosa y el glucógeno muscular son fuentes básicas de energía para que ocurra la contracción muscular y a que en niveles de ejercicio de baja intensidad no hay aumento de catecolaminas plasmáticas. Los músculos que llevan a cabo el trabajo, captan la glucosa de una forma extrema por lo que se puede apreciar un pequeño descenso de su concentración en sangre periférica (Valverg *et al.*, 1989).

Por otra parte la concentración plasmática de glucosa se eleva desde el tercer nivel de ejercicio, debido a un aumento de la glucogenolisis (Gill *et al.*, 1987). Efectos similares se han descrito en caballos P.S.I. después de una carrera (Haggendal, 1971) y en P.R.E. (Castejón *et al.*, 1991), asociado con el incremento de los niveles de catecolaminas y glucocorticoides debido al estrés provocado por la intensidad del ejercicio. Este hecho se pone de manifiesto al observar la correlación con los altos niveles de lactato lo que nos induce a pensar, al igual que Snow *et al.* (1982), que son parámetros relacionados con la anaerobiosis durante el metabolismo muscular.

La no significación de las variaciones de los valores de glucosa entre los niveles de ejercicio son debidos al balance entre el efecto hiperglucemiante de las catecolaminas y la utilización de glucosa durante el ejercicio (Hodgson *et al.*, 1984; Castejón *et al.*, 1991).

ELECTROLITOS (POTASIO, SODIO Y CLORO)

Los valores medios de reposo obtenidos en el presente estudio en el caballo Español están dentro del rango normal descrito por Carlson (1987) para otras razas.

Los resultados de este trabajo coinciden con las observaciones de Harris y Snow (1986) en que el ejercicio conlleva un aumento de la concentración de potasio, volviendo a los valores de reposo o menores a partir de los cinco minutos de finalizado el ejercicio máximo.

Harris *et al.* (1992), afirman que el aumento de potasio es paralelo a la intensidad del ejercicio, hecho que corroboramos en este estudio, donde precisamente la concentración máxima de potasio se alcanza en la etapa de mayor esfuerzo.

Otros trabajos señalan como causa probable un incremento en la permeabilidad de las células musculares (Hultman *et al.*, 1962; Rose *et al.*, 1966-1970), e incluso hay quienes aseguran que se produce una salida de potasio eritrocítico para contrarrestar la pérdida de potasio sérico.

Carlson *et al.* (1992) concluyeron que el marcado incremento en la concentración de sodio asociado con el

EJERCICIO FISICO EN POTROS PURA RAZA ESPAÑOLA

ejercicio máximo refleja cambios en el balance hídrico, aunque el hecho de que la concentración de cloro permanezca inalterable o disminuya mientras que aumenta la concentración de sodio sugiere que la modificación del balance hídrico no es el único factor que influye sobre la concentración de sodio. Los cambios aparecen de forma ligera dentro de los primeros minutos de ejercicio, y por supuesto, son pasajeros siendo improbable que sea el resultado de una pérdida de agua por el sudor o vía respiratoria.

La disminución de cloro a partir de unos valores de inicio similares a los obtenidos por Rose *et al.*, (1980), es muy significativa. Esto se debe a la pérdida de electrólitos con el sudor y agua libre durante el ejercicio (Cohen *et al.*, 1993).

El retorno a los niveles basales, es lento para el sodio y cloro que permanecen a los quince minutos de recuperación por debajo del valor de reposo, y rápido para el potasio que logra casi la cifra inicial en el último control de la prueba.

Los cambios más o menos significativos que hemos encontrado en la concentración de electrólitos en el plasma antes, durante y después de las pruebas se incluyen dentro de los valores normales.

pH

Los valores de pH iniciales encontrados en los potros de Españoles se muestran algo inferiores a los obtenidos en caballos P.S.I. y caballos de tiro sin entrenar (Snow y McKenzie, 1977).

En este estudio la bajada de pH

cuando los niveles de ejercicio eran más intensos, confirma los hallazgos de Bayly *et al.* (1983).

La disminución de pH observada tras el ejercicio podría estar originada por una acumulación de ácido láctico, la cual conllevaría una hiperkalemia que desaparecería al terminar el ejercicio (Macchi, 1991).

Tras la recuperación se obtienen los valores más bajos de pH coincidiendo con la mayoría de los investigadores (Thornton *et al.*, 1983; Bayly *et al.*, 1983), que no encuentran una recuperación del pH a los treinta minutos de terminado el ejercicio.

CONCLUSIONES

- La prueba utilizada permite la diferenciación del grado de forma física de los potros, analizando los valores de lactato.

- En el caballo Pura Raza Español surge una acidosis metabólica que se manifiesta por el aumento de ácido láctico, hiperpotasemia y descenso de los niveles de pH.

- Durante el último nivel de ejercicio se produce una anaerobiosis metabólica que se evidencia por los aumentos de lactato asociados con los incrementos de glucosa

AGRADECIMIENTOS:

A la Yeguada Militar de Jerez de la Frontera (Cádiz), en especial al Teniente Coronel veterinario D. Mariano Vinuesa, por su total colaboración en la elaboración de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Auvinet, B. and T. Demonceau. 1992.** Measurement of heart rate, blood lactate during trotting races. Proceedings from the Eleventh Annual Meeting of the Association for Equine Sports Medicine. Fallbrook, Ca. Usa 40-44.
- Bayly, W.M., B.D. Grant, R.G. Breeze and J.W. Kramer. 1983.** The effects of maximal exercise on acid-base balance and arterial blood gas tension in thoroughbred horses. En: *Equine Exercise Physiology*. Snow, D.H., Persson, S.G.B. and Rose, R.J. (eds.). Granta Editions. 400-407.
- Bayly, W.M., B.D. Grant and R.C. Pearson. 1987.** Lactate concentrations in thoroughbred horses following maximal exercise under field conditions. En: *Equine Exercise Physiology*. 2. Gillespie, J.R. and Robinson, N.E. (eds.) ICEEP Publications. California: 426-437.
- Carlson, G.P. 1987.** Hematology and body fluids in equine athlete: a review. En: *Equine Exercise Physiology*. 2. Gillespie, J.R. and Robinson, N.E. (eds.) ICEEP Publications. California: 393-425.
- Carlson, G.P., R.K. Birks and J.H. Jones. 1992.** Acid-base alterations in horses during treadmill exercise. Proceedings from the Eleventh Annual Meeting of the Association for Equine Sports Medicine. Fallbrook, Ca. Usa. 30-32.
- Castejón, F.M., D. Rubio, R. Vivo, C. Riber, S. Agüera y R. Santisteban. 1991.** Influencia de la intensidad del ejercicio en la utilización del sustrato energético en el caballo Andaluz. *Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física*. 18: 78-84.
- Castejón, F.M., C. Riber, R. Santisteban, R. Vivo, S. Agüera, M.D. Rubio and P. Tovar. 1993.** Heart rate and plasma lactate in different breeds of horses (Andalusian, Arab and Anglo-Arab). Association for Equine Sport Medicine Twelfth Meeting. Pala Mesa Resort. Fallbrook, Ca. Usa.
- Castejón, F.M., M.D. Rubio, M. Vinuesa and C. Riber. 1994.** Comparative study of aerobic capacity and state of fitness in different breeds of horse (Andalusian, Arab and Anglo-Arab). *Journal of Veterinary Medicine*. Aceptado para publicación.
- Cohen, N.D., A.J. Rousesel, J.H. Lumsden, A.C. Cohen, E. Grift and C. Lewis. 1993.** Alterations of fluid and electrolyte balance in Thoroughbred racehorses following strenuous exercise during training. *Can. J. Vet. Res.* 57: 9-13.
- Engelhardt, W.V. 1977.** Cardiovascular effects of exercise and training in horses. *Adv. Vet. Sci. and Comp. Med.* 21: 173-205.
- Evans, D.L. and R.J. Rose. 1986.** Method of investigation of the accuracy of four digitally displaying heart rate meters suitable for use in the exercising horse. *Equine Vet. J.* 18: 129-132.
- Evans, D.L. and R.J. Rose. 1988.** Determination and repeatability of maximum oxygen uptake and other cardiorespiratory measurements in the exercising horse. *Equine Vet. J.* 20: 94-98.
- Gill, J., E.M. Jablonska, S.M. Ziolkowska and R. Szykula. 1987.** Influence of differential training on some haematological and metabolic indices in sport horses before and after exercise trials. *J. Vet. Med.* 34: 609-616.
- Haggendal, J. 1971.** Role of circulatory noradrenaline. En *Muscle metabolism during exercise*. B. Pernow and B. Saltin (eds.). Plenum Press, New York. 119-126.
- Harris, P. and D.H. Snow. 1992.** Plasma potassium

EJERCICIO FISICO EN POTROS PURA RAZA ESPAÑOLA

- and lactate concentrations in Thoroughbred horses during exercise of varying intensity. *Equine Vet. J.* 23: 220-225.
- Harris, P. and D.H. Snow. 1986.** Alterations in plasma potassium during and following short-term strenuous exercise in the horses. *J. Physiol.* 376: 46.
- Hodgson, D.R., R.J. Rose, R.J. Allen and J. Dimauro. 1984.** Glycogen depletion patterns in horses performing maximal exercise. *Res. Vet. Sci.* 36: 169-173.
- Hultman, E. and J. Bergstrom. 1962.** Plasma potassium determination. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 64: 87-93.
- Kaneko, J.J. and C.E. Cornelius. 1970.** Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Academic Press. New York. London
- Kryzwanek, H. 1973.** Untersuchungen zur beurteilung der aktuellen leistungsfähigkeit von trabrennpferden. *J. Vet. Med. A*, 20: 265-276.
- Macchi, G. 1991.** Potasio y trabajo muscular. *Sport and Medicine.* 42.
- Persson, S.G.B. and L.E. Ullberg. 1974** Blood volumen in relation to exercise tolerance in Trotters. *J. S. Afr. Vet. Ass.* 45: 293-299.
- Persson, S.G.B. 1983.** Evaluation of exercise tolerance and fitness in performance horse. En: *Equine Exercise Physiology.* Snow, D.H., Persson, S.G.B., Rosse R.J. (eds.). Granta Editions. Cambridge: 441-457.
- Ronéus, N., A. Essén-Gustavsson, A. Lindholm and Y. Eriksson. 1994.** Plasma lactate response to submaximal and maximal exercise test with training, and its relationship to performance and muscle characteristics in Standardbred trotters. *Equine Vet. J.* 26: 117-121.
- Rose, K.E., F. Lowell and D. Bargaen. 1966.** Serum electrolyte relationship to electrocardiographic change in exercising athletes. *J. Am. Med. Assoc.* 195: 111-114.
- Rose, L.I., D.R. Carrol, S.L. Lowe, E.W. Peterson and K.H. Cooper. 1970.** Serum electrolyte changes after marathon running. *J. Appl. Physiol.* 29: 449-451.
- Rose, R.J., K.S. Arnold, S. Church and R. Paris. 1980.** Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. *Equine Vet. J.* 12: 19-22.
- Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M., T. Wensing and H.J. Breukink. 1987.** Standardized exercise test on track to evaluate fitness and training of saddle horses. En: *Equine Exercise Physiology 2.* Gillespie, J.R. and Robinson, N.E. (eds.). ICEEP Publications. Davis, California.
- Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M., R. van den Hoven and H.J. Breukink. 1988.** The accuracy of three different heart rate meters used for studies in the exercising horse. *J. Vet. Med. A.* 35: 665-672.
- Snow, D.H. and G. Mackenzie. 1977.** Some metabolic effect of maximal exercise in the horse and adaptations with training. *Equine Vet. J.* 9: 134-140.
- Snow, D.H., M.G. Kerr, M.A. Nimmo and E.M. Abbott. 1982.** Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. *Vet. Rec.* 110: 377-384.
- Snow, D.H., D.K. Mason, S.W. Ricketts and T.A. Douglas. 1983.** Post-race blood biochemistry in Thoroughbreds. In *Equine Exercise Physiology 1.* Snow, D.H. Persson, S.G.B. and Rose, R.J. (eds.). Granta Editions, Cambridge. 389-399.

EJERCICIO FISICO EN POTROS PURA RAZA ESPAÑOLA

- and lactate concentrations in Thoroughbred horses during exercise of varying intensity. *Equine Vet. J.* 23: 220-225.
- Harris, P. and D.H. Snow. 1986.** Alterations in plasma potassium during and following short-term strenuous exercise in the horses. *J. Physiol.* 376: 46.
- Hodgson, D.R., R.J. Rose, R.J. Allen and J. Dimauro. 1984.** Glycogen depletion patterns in horses performing maximal exercise. *Res. Vet. Sci.* 36: 169-173.
- Hultman, E. and J. Bergstrom. 1962.** Plasma potassium determination. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 64: 87-93.
- Kaneko, J.J. and C.E. Cornelius. 1970.** Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Academic Press. New York. London
- Kryzwanek, H. 1973.** Untersuchungen zur beurteilung der aktuellen leistungsfähigkeit von trabrennpferden. *J. Vet. Med. A*, 20: 265-276.
- Macchi, G. 1991.** Potasio y trabajo muscular. *Sport and Medicine.* 42.
- Persson, S.G.B. and L.E. Ullberg. 1974** Blood volumen in relation to exercise tolerance in Trotters. *J. S. Afr. Vet. Ass.* 45: 293-299.
- Persson, S.G.B. 1983.** Evaluation of exercise tolerance and fitness in performance horse. En: *Equine Exercise Physiology.* Snow, D.H., Persson, S.G.B., Rosse R.J. (eds.). Granta Editions. Cambridge: 441-457.
- Ronéus, N., A. Essén-Gustavsson, A. Lindholm and Y. Eriksson. 1994.** Plasma lactate response to submaximal and maximal exercise test with training, and its relationship to performance and muscle characteristics in Standardbred trotters. *Equine Vet. J.* 26: 117-121.
- Rose, K.E., F. Lowell and D. Bargaen. 1966.** Serum electrolyte relationship to electrocardiographic change in exercising athletes. *J. Am. Med. Assoc.* 195: 111-114.
- Rose, L.I., D.R. Carrol, S.L. Lowe, E.W. Peterson and K.H. Cooper. 1970.** Serum electrolyte changes after marathon running. *J. Appl. Physiol.* 29: 449-451.
- Rose, R.J., K.S. Arnold, S. Church and R. Paris. 1980.** Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. *Equine Vet. J.* 12: 19-22.
- Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M., T. Wensing and H.J. Breukink. 1987.** Standardized exercise test on track to evaluate fitness and training of saddle horses. En: *Equine Exercise Physiology 2.* Gillespie, J.R. and Robinson, N.E. (eds.). ICEEP Publications. Davis, California.
- Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M., R. van den Hoven and H.J. Breukink. 1988.** The accuracy of three different heart rate meters used for studies in the exercising horse. *J. Vet. Med. A.* 35: 665-672.
- Snow, D.H. and G. Mackenzie. 1977.** Some metabolic effect of maximal exercise in the horse and adaptations with training. *Equine Vet. J.* 9: 134-140.
- Snow, D.H., M.G. Kerr, M.A. Nimmo and E.M. Abbott. 1982.** Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. *Vet. Rec.* 110: 377-384.
- Snow, D.H., D.K. Mason, S.W. Ricketts and T.A. Douglas. 1983.** Post-race blood biochemistry in Thoroughbreds. In *Equine Exercise Physiology 1.* Snow, D.H. Persson, S.G.B. and Rose, R.J. (eds.). Granta Editions, Cambridge. 389-399.