



Archivos de Medicina Veterinaria  
ISSN: 0301-732X  
archmv@uach.cl  
Universidad Austral de Chile  
Chile

Islas, A.; Quezada, M.; Bernales, A.; Mora, G.; López-Rivero, J.L.; Merino, V.; Dossow, P.; Rojas, V.  
Características histoquímicas, morfométricas y metabólicas del músculo Gluteus medius de equinos  
entrenados para competencias de salto

Archivos de Medicina Veterinaria, vol. 32, núm. 1, 2000  
Universidad Austral de Chile  
Valdivia, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173013741002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

[Inicio Web Revistas](#) [Web Biblioteca](#) [Contacto](#)

**Revistas Electrónicas UACH**

Artículos Búsqueda artículos  
Tabla de contenido Anterior Próximo Autor Materia Búsqueda Inicio Lista

**Archivos de medicina veterinaria**  
ISSN 0301-732X versión impresa

Como citar este artículo Agregar a favoritos Enviar a e-mail Imprimir HTML

Arch. med. vet. v.32 n.1 Valdivia 2000

## Características histoquímicas, morfométricas y metabólicas del músculo *Gluteus medius* de equinos entrenados para competencias de salto\*

## Histochemical, morphometrical and metabolic characteristics of the *Gluteus medius* muscle from horses in training for jumping competition

A. Islas<sup>1</sup>, MV, MS; M. Quezada<sup>1</sup>, MV, Dr.Met.Vet; A. Bernales<sup>2</sup>, MV; G. Mora<sup>1</sup>, MV, MS ; J.L. López-Rivero<sup>3</sup>, MV, Dr. Med. Vet.; V. Merino<sup>1</sup>, BQ, MS; P. Dossow, MV; V. Rojas, MV; L. Marín<sup>1</sup>, TM.

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

<sup>2</sup> Escuela de Equitación de Carabineros "Oscar Cristi Gallo", Santiago, Chile.

<sup>3</sup> Facultad de Veterinaria, Universidad de Córdoba, España.

### SUMMARY

Biopsies were taken at a depth of 3 and 6 cm from the *Gluteus medius* muscle of 7 mares and 3 castrated male horses. The animals were 4 years old and submitted to a previous specific training program for jumping during 6 months. The samples were analysed by the mATPase miofibrillar technique to determine

the fibrillar composition, and by the NADH-TR technique to determine the oxidative capacity of the fibres. In addition, the fibre metabolic activity was determined by enzyme activities of the citrate synthetase (CS), 3-OH-acil CoA dehydrogenase (HAD), lactic dehydrogenase (LDH) and creatinkinase (CK).

The averages obtained for the fibrillar composition were 14, 28, 41 and 17% at 3 cm depth and 25, 30, 34 and 10% at 6 cm depth for oxidative type I, IIA, IIB and non oxidative IIB fibres, respectively. The fibrillar composition varied in relation to the depth of the biopsy. Type I and type II B fibre percentages showed significant differences between 3 and 6 cm. Type IIA fibres were similar in percentage at both depths whilst, oxidative and non oxidative fibres type IIB showed a statistically significant difference in percentage of fibrillar composition at both biopsy depths. The area of the muscle fibres at 3cm depth was 2191; 3466 and 5578 mm<sup>2</sup> for fibres type I, IIA and IIB, respectively and the lesser diameters were 19; 24 and 30 for fibres type I, IIA and IIB, respectively. The area of the fibres at 6 cm depth was 2433; 3929 y 5558 mm<sup>2</sup> and the lesser diameters were 20; 25 y 30 for fibres I, IIA and IIB, respectively.

The activity of CS, HAD, LDH, and CK enzymes was 817, 243, 1.20 and 1.80 U/mg protein at 3 cm depth and 1479, 542, 1.58 and 3.30 at 6 cm depth. The activities of CS and HAD enzymes were significantly different between depths during the training period.

These results show that the training produced changes in the fibrillar composition and metabolic capacity of the *Gluteus medius* in horses prepared for jumping competition.

Significant differences were obtained in the fibrillar composition and enzymatic activities when comparing pre-training and post-training data.

*Palabras claves:* equino de salto, músculo, histoquímica, bioquímica.

*Key words:* muscle, histochemistry, biochemistry, jumping horses.

## INTRODUCCION

La técnica de biopsia muscular y los análisis histoquímicos y bioquímicos han aumentado el conocimiento de los efectos de la edad, sexo y entrenamiento sobre las características del músculo *Gluteus medius* en diferentes razas de equinos ([Lindholm y Piehl, 1974](#); [Snow, 1983](#); [Ronéus y col., 1992](#); [Islas y col., 1996](#)).

La composición fibrilar se ha determinado usando la técnica de miosina ATPasa (mATPasa) ([Brooke y Kaiser, 1970](#)), encontrándose en los equinos adultos fibras tipo I, IIA y IIB, las cuales varían en su frecuencia relativa, abastecimiento capilar y tamaño al aumentar la profundidad de la biopsia y el entrenamiento ([Kline y col., 1987](#); [López-Rivero y col., 1992](#)). El músculo *Gluteus medius* se caracteriza por presentar en sus zonas más profundas, un mayor porcentaje de fibras tipo I y un metabolismo aeróbico, mientras que en las regiones más superficiales un alto porcentaje de fibras tipo IIA oxidativas y tipo IIB con capacidad oxidativa y no oxidativa ([Kline y col., 1987](#); [López-Rivero y col., 1993](#); [Islas y col., 1996](#)), que pueden ser modificadas por efecto del entrenamiento ([Essén-Gustavsson y col., 1984](#)).

La capacidad oxidativa es importante para los músculos esqueléticos por su influencia en la respuesta metabólica al ejercicio. El caballo tiene una alta capacidad oxidativa si se compara con otros animales y el hombre ([Essén-Gustavsson y Lindholm, 1985](#)). La evaluación de la capacidad oxidativa puede realizarse a través de las tinciones histoquímicas con nicotinamida tetrazolium reductasa (NADH-TR) ([Lindholm y Piehl, 1984](#); [Hodgson y col., 1985](#)) y con succinato deshidrogenasa ([Snow, 1983](#)) o a través de la determinación de algunas actividades enzimáticas en el músculo completo, tales como la citrato sintetasa (CS), succinato deshidrogenasa (SDH) ([Guy y Snow, 1977](#)) y 3-OH-acil Co A deshidrogenasa (HAD) ([Essén-Gustavsson y col., 1980](#)) Estas actividades enzimáticas aumentan por efecto del entrenamiento y

la profundidad de la biopsia ([López, J. F., 1995](#); [Islas y col., 1997](#)).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de un programa de adiestramiento sobre la composición fibrilar, diámetro menor, área y

capacidad metabólica del músculo *Gluteus medius* en equinos debutantes para competencias de salto. Los resultados se comparan con los valores obtenidos en el grupo previo al entrenamiento.

## MATERIAL Y METODOS

En el estudio se emplearon 10 equinos mestizos adiestrados durante 6 meses para participar en competencias de salto para categorías debutantes (7 yeguas y 3 machos castrados), 50% fina sangre inglés de carrera (FSI) y 50% Hackney, categoría debutantes, clínicamente sanos, de 4 - 5 años de edad, pertenecientes a la Escuela de Equitación "Oscar Cristi Gallo" de Carabineros de Chile (Santiago). Los caballos habían realizado durante 6 meses un programa específico de entrenamiento para competencias de salto según la pauta de la Escuela de Equitación ([Vigil, 1996](#)), que tiene por objetivo desarrollar habilidades, destrezas de salto y capacidad física de los equinos. Se adjunta resumen del programa de entrenamiento. (Anexo 1).

**Biopsias musculares.** De cada caballo se obtuvieron 2 biopsias musculares a 3 y 6 cm de profundidad a través de la misma incisión. Las biopsias fueron tomadas con una aguja percutánea de 6 mm de diámetro interno ([Henckel, 1983](#)) de acuerdo al procedimiento descrito por [Mora y col. \(1995\)](#) y por [Isla y col. \(1997\)](#).

Una vez obtenidas las muestras, una parte fue inmediatamente congelada en nitrógeno líquido para realizar los análisis bioquímicos, mientras que aquellas para análisis histoquímico fueron colocadas sobre placas de poliestireno, bañadas en OCT para congelación de tejidos (Tissue Tek, Miles Sci., USA) y luego sumergidas durante 30 segundos en Isopentano (2-metilbutano Lab. Merck) enfriado previamente en nitrógeno líquido ([Dubowitz, 1985](#)). Las biopsias fueron almacenadas en un termo de nitrógeno a una temperatura de -196°C hasta su posterior procesamiento. Para disminuir la alteración que sufre el tamaño fibrilar debido a la contracción que experimentan las muestras obtenidas con aguja de biopsia, se dejó transcurrir 2 a 3 minutos desde la obtención hasta su congelación ([López-Rivero y col., 1993a](#)).

**Métodos histoquímicos.** De cada muestra se obtuvieron cortes seriados en un criostato (Microm HM 500) a -20°C, de 10 mm de grosor que fueron incubados para demostrar la actividad mATPasa (E:C:3.6.1.3.) a pH 9.4 tras preincubación ácida. La capacidad oxidativa de las fibras se evaluó en cortes seriados teñidos mediante NADH-TR (E.C. 1.6.99.3), para cada profundidad de biopsia ([Dubowitz, 1985](#)).

Según los patrones de tinción de mATPasa las fibras fueron clasificadas como tipo I (contracción lenta) o tipo IIA y tipo IIB (contracción rápida) ([Brooke y Kaiser, 1970](#)). Las fibras tipo IIB de acuerdo a la intensidad de la tinción con NADH-TR se clasificaron en oxidativas y no oxidativas.

**Composición fibrilar.** Se determinó la proporción de cada tipo de fibra muscular del tejido obtenido a las dos profundidades de las biopsias. Un área representativa de cada biopsia conteniendo al menos 200 fibras fue examinada sistemáticamente en las microfotografías en blanco y negro (x100) de los cortes teñidos con mATPasa.

Para obtener los porcentajes y tamaño fibrilar se examinó un área representativa de cada biopsia y se determinaron las frecuencias relativas de las fibras tipos I, IIA y IIB. Los tipos IIB oxidativas y IIB no oxidativas fueron calculadas sobre las microfotografías en blanco y negro (X100) en los cortes teñidos con NADH-TR, mediante el cómputo de 200 fibras /biopsia.

**Morfometría.** El área transversal y el diámetro mínimo de los tipos de fibras se obtuvo sobre microfotografías procesadas con un sistema de imagen en un programa morfométrico computacional (Imago, Grupo SIBA, Universidad de Córdoba España). Sólo se midieron las fibras de las biopsias con bordes celulares nítidos y localizadas en la zona central. De cada muestra se midió un mínimo de 25 fibras de cada tipo, obteniéndose el área y diámetro mínimo ([Dubowitz, 1985](#)).

**Análisis bioquímico.** 50 mg de tejido muscular libre de tejido conectivo y adiposo fue lavado en tampón fosfato (PBS) pH 7,3 en frío, centrifugado tres veces a 1000 g por 10 minutos en una centrifuga Sorvall R-C-5B para eliminar la sangre. El sedimento obtenido se solubilizó en 5 ml de PBS, y se homogenizó en un triturador ultra turrax T-25 a 8000 rpm, posteriormente se sometió a un sonicador Trassonic C-460 por 30 segundos y luego se centrifugó a 7000g durante una hora a 4C. En el sobrenadante se determinaron las enzimas deshidrogenasa láctica (LDH) (EC 1.1.1.28), creatinquinasa (CK) (EC 2.7.3.2.), citrato sintetasa (CS) (EC 4.1.3.7.) y 3- OH-acil-CoA dehidrogenasa (HAD).

Las actividades de las enzimas CK y LDH se determinaron midiendo la variación de absorbancia a 365 nm de NADPH y NADH por minuto, respectivamente, utilizando reactivos comerciales (Laboratorio Boehringer, Mannheim, kits N 1087592 y N 1087533). La actividad CS se detectó según el método descrito por [Alp y col., \(1976\)](#) y la HAD por el método de [Kline y Bechtel \(1987\)](#).

Las proteínas se determinaron por el método de [Lowry y col. \(1951\)](#), usando seroalbúmina de bovino como estándar. Todas las determinaciones espectrofotométricas se realizaron en un equipo Shimadzu UV-120-02 a 25C.

**Análisis estadístico.** Los resultados se expresaron en porcentaje y se aplicaron pruebas estadísticas convencionales para obtener la media y desviación estándar de cada variable. Las diferencias entre las profundidades de muestreo fueron valoradas por medio de una prueba "t" de Student para observaciones pareadas y un análisis de varianza.

Los resultados se compararon con los valores obtenidos en el mismo grupo, previo al entrenamiento, a través de un análisis de varianza, considerándose la edad, entrenamiento y profundidad de la biopsia sobre la composición fibrilar y actividad de las enzimas evaluadoras del metabolismo muscular.

## RESULTADOS

El estudio histoquímico realizado permitió determinar la composición fibrilar del músculo *Gluteus medius* de los equinos de salto debutantes.

Los tipos de fibras observadas en función de la profundidad pre y post-entrenamiento se presentan en el [cuadro 1](#).

Se observa que los porcentajes de fibras tipo IIA no tienen variación ni en la profundidad ni en relación al entrenamiento. El porcentaje de fibras tipo I varió significativamente en profundidad, pero no en relación al entrenamiento. El porcentaje de fibras tipo IIB varió significativamente tanto en relación a la profundidad como al entrenamiento. El porcentaje de fibras tipo IIB oxidativas varió en relación al entrenamiento, pero no a la profundidad, y el porcentaje de fibras tipo IIB no oxidativas no varió en relación a la profundidad en el pre-entrenamiento pero sí en el entrenamiento ([cuadro 1](#)).

**CUADRO 1. Tipos de fibra presentados como porcentajes (%) en el músculo *Gluteus medius* de equinos pre-entrenamiento y post-entrenamiento (promedios y desviación estándar).**

**Fibre types presented as percentage (%) in *Gluteus medius* muscle of horses before training and**

Profundidad biopsia (cm)	Tipo defibra				
	I	IIA	III B Total	II B oxidativas	II B no oxidativas
<b>PRE-ENTRENAMIENTO</b>					
3 cm	16,41 + 4,7b	36,3 + 3,2	47,3 + 5,5c	29,1 + 3,1	18,2 + 5,1
6 cm	26,90 + 7,6b	36,1 + 6,3	37 + 11,3 d	24,3 + 7,1	12,3 + 6,4
<b>POST-ENTRENAMIENTO</b>					
3 cm	14 + 3,6a	28 + 3,6	58 + 4,4a	41 + 2,7a	17 + 4,2a
6 cm	26 + 56b	30 + 4,5	44 + 4,3b	34 + 4,6b	10 + 1,5b

**n = 10**

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas entre las profundidades ( $p < 0,05$ ), en el grupo pre-entrenamiento y post-entrenamiento.

Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas entre los grupos, según análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) en el grupo, pre-entrenamiento y post-entrenamiento.

El análisis morfométrico de las fibras determinó que las áreas y el diámetro de las fibras tipo I, IIA y IIB no presentan diferencias significativas por efecto de la profundidad y el entrenamiento, existiendo diferencias significativas para las áreas entre las fibras tipo I con IIB y IIA con IIB, previo al entrenamiento y posterior a él. Presentando el diámetro diferencias significativas entre las fibras tipo I, IIA y IIB.

El estudio de la actividad de las enzimas citrato sintetasa, 3-OH acil coA deshidrogenasa, deshidrogenasa láctica y creatin fosfoquinasa determinó diferencias significativas en la actividad de las enzimas CS y HAD por efecto de la profundidad y el entrenamiento.

La enzima LDH no presentó diferencias significativas por efecto de la profundidad y el entrenamiento. La enzima CK no presenta diferencias significativas por efecto de la profundidad de la muestra, observándose una disminución de ella por efecto de entrenamiento.

El análisis de varianza determinó que no se producen variaciones en los parámetros estudiados por efecto de la edad, observándose variaciones significativas en la actividad de las enzimas evaluadoras del metabolismo oxidativo por efecto del entrenamiento y la profundidad de la biopsia y en el porcentaje de las fibras tipo IIB oxidativas por efecto del entrenamiento.

**CUADRO 2.** Areas ( $\mu\text{m}^2$ ) y diámetro menor ( $\mu\text{m}$ ) de las fibras del músculo *Gluteus medius* en equinos pre-entrenamiento (Islas y col., 1998) y post-entrenamiento (promedio y desviación estándar).

**Area mm<sup>2</sup> and lesser diameter (μm<sup>2</sup>) of *Gluteus medius* muscle fibre in horse before and after training (mean and standar deviation).**

Tipo de fibra	Area fibra μm <sup>2</sup>		Diámetro menor (μm)	
	3 cms	6cms	3 cms	6 cms
<b>PRE-ENTRENAMIENTO</b>				
I	2335 ± 1000 a	2400 ± 0978 a	19 a ± 5,0 a	20a ± 4,2 a
II A	3194 ± 1014 b	3350 ± 0755 b	23 a± 5,0 b	22a ± 3,1 b
II B	5165 ± 1708 c	5230 ± 1150 c	28 a± 6,0 c	28c ± 5,1 c
<b>POST-ENTRENAMIENTO</b>				
I	2191 ± 0624 a	2433 ± 0701 a	19 ± 3,6 a	20 ± 3,8 a
II A	3466 ± 0840 b	3929 ± 1061 b	24 ± 4,4 b	25 ± 4,5 b
II B	5578 ± 1439 c	5558 ± 1477 c	30 ± 5,5 c	30 ± 5,5 c

**n= 10**

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia significativa ( $p<0,05$ ) en el área y diámetro de las fibras.

## DISCUSION

En este estudio se observaron cambios en la composición fibrilar relacionada con la profundidad de la biopsia. Se obtuvo un aumento significativo de las fibras tipo I y una disminución de las fibras tipo IIB a mayor profundidad del tejido. El patrón de variación de las características fibrilares según la profundidad de la biopsia observada en este estudio es similar a los resultados obtenidos en otras investigaciones ([Kline y col., 1987](#); [López-Rivero y col., 1992](#); [Islas y col., 1996](#)), lo que muestra la importancia de realizar dos o tres biopsias en el mismo sitio a diferentes profundidades para tener una mejor representación de la composición fibrilar del músculo *Gluteus medius*. El porcentaje de fibras tipo I para los caballos de salto en adiestramiento es similar a los standardbred y fina sangre de carrera sin entrenamiento ([Henckel, 1983](#); [López-Rivero y col., 1993, 1993a](#)). El porcentaje de fibras tipo IIA se mantiene sin variación a las dos profundidades, siendo menor a lo observado en otras razas después de un período de entrenamiento ([Henckel, 1983](#); [López-Rivero y col., 1989, 1990](#)). El porcentaje de fibras tipo IIB oxidativas y no oxidativas disminuyó en forma significativa con la profundidad de la biopsia, lo que difiere de estudios realizados en standarbred, andaluz y thoroughbred ([Andrews y Spurgeon, 1986](#); [Essén-Gustavsson y Lindholm, 1985](#); [López-Rivero y col., 1993a](#)) y concuerda con los valores obtenidos en caballos de tiro en los cuales a mayor profundidad de la biopsia aumenta el porcentaje de fibras posturales y ocurre un descenso de las fibras de contracción rápida ([Islas y col., 1996 y 1997](#)). Al comparar la composición fibrilar de estos caballos en adiestramiento con los valores obtenidos previamente en reposo ([Islas y col., 1998](#)) ([cuadro 1](#)) se observa un aumento de las fibras tipos IIB oxidativas ( $p<0,05$ ), lo que se debería al efecto del adiestramiento, lo que concuerda con los resultados obtenidos al estudiar la capacidad metabólica en estos mismos caballos, los cuales presentan un aumento significativo del metabolismo oxidativo de las fibras ( $p<0,05$ ) ([cuadro 3](#)). Es conocido que la composición fibrilar tiene un componente genético importante a considerar y por lo tanto las características fibrilares de este grupo de caballos es diferente a otras razas estudiadas debido a que son una mezcla de fina sangre de carrera y Hackney (50%)

**CUADRO 3. Actividad de las enzimas citrato sintetasa (CS), 3 OH ACIL Co A deshidrogenasa (HAD), deshidrogenasa láctica (LDH) y creatin fosfoquinasa (CK) (U/mg proteína) en músculo *Gluteus medius* de equinos antes del entrenamiento y después del entrenamiento (promedio y desviación estándar).**

**Activity of citrate syntase (CS), 3 OH ACYL Co A dehydrogenase (HAD), lactic dehydrogenase (LDH) and creatine inase (CK) (U/mg protein) in *Gluteus medius* muscle in horses before training and after training (meand and standard desviation).**

Prof bioquímica	CS	HAD	LDH	CK
<b>PRE-ENTRENAMIENTO</b>				
3 cm	492,18 + 125,50aA	53,48 ± 15,30aA	4,66 + 1,77	27,23 + 12,34A
6 cm	1014,39 + 491,30bA	97,42 + 40,9bA	5,46 + 2,84	27,58 + 14,00A
<b>POST-ENTRENAMIENTO</b>				
3 cm	817,41 + 244,30aB	2,43 ± 72,4aB	1,20 + 0,53	1,80 + 0,82B
6 cm	1479,25 + 438,60bB	5,43 ± 16,4bB	1,58 + 0,62	3,30 + 1,32B

**n=10**

Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencia significativa ( $p<0,05$ ) dentro del grupo por efecto de la profundidad de la biopsia.

Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencia significativa ( $p<0,05$ ) por efecto de entrenamiento entre los grupos.

Estudios anteriores realizados en músculo *Gluteus medius* de equinos standardbred han demostrado un aumento de las fibras tipo I y un incremento significativo en la proporción de fibras tipo IIA en relación a las tipo IIB por efecto de la edad y el entrenamiento ([Essén-Gustavsson y col., 1980](#); [Henkel, 1983](#)).

Al comparar los resultados de esta investigación con un estudio preliminar realizado en estos equinos, previo al programa de adiestramiento ([Isla y col., 1998](#)), se observó un aumento de las fibras tipo IIB oxidativas, lo que indica que el adiestramiento produce cambios en las características fibrilares del grupo en estudio, observándose un mayor desarrollo muscular que se corrobora por el aumento del tamaño de las fibras tipo IIB y concuerda con los estudios que han demostrado que el entrenamiento en esta especie produce una hipertrofia de las fibras musculares ([Serrano y López-Rivero, 1996](#)), no observándose efecto de la edad sobre la composición fibrilar ( $p>0,05$ ).

El área y diámetro de las fibras son similares a los obtenidos por otras razas ([Essén-Gustavsson y Lindholm, 1985](#); [López-Rivero y col., 1993a](#); [Ronéus, 1992](#)). Las fibras de menor tamaño y diámetro tienen un mejor abastecimiento de capilares, lo que permite una mejor irrigación y más difusión de oxígeno y sustratos a la célula y al mismo tiempo realizan una mejor eliminación de los productos del metabolismo de ellas ([Essén-Gustavsson y col., 1989](#)).

Asociado a los cambios en la composición fibrilar, estudios realizados por [Ronéus y col. \(1992\)](#) demuestran que el ejercicio produce cambios metabólicos en la fibra muscular. En este estudio, se observó un aumento de las actividades enzimáticas del metabolismo oxidativo por efecto del entrenamiento ( $p<0,05$ ), lo que muestra que el músculo *Gluteus medius* es muy activo y adaptable al ejercicio y concuerda con trabajos anteriores que han demostrado que una adaptación muscular al ejercicio se traduce en un aumento de la capacidad oxidativa de las fibras ([Valberg y col., 1998](#); [Hodgson y col., 1985](#)).

Las actividades de CS y HAD aumentaron en 70% y 80% respectivamente, después de un período de adiestramiento de seis meses, comparados con los valores obtenidos en estos mismos equinos en reposo ([cuadro 3](#)). Resultados similares han sido obtenidos por otros autores en otras razas ([Snow y Guy, 1981](#); [Hodgson y col., 1985](#)), lográndose un mayor aumento de las actividades de estas enzimas cuando los equinos son sometidos a un adiestramiento intenso ([Essén -Gustavsson y col., 1989](#)). Estos resultados indican que los caballos estaban realizando un trabajo principalmente aeróbico, utilizando la energía obtenida de la oxidación mitocondrial de la glucosa y de los ácidos grasos.

Las actividades de LDH y CK no aumentaron por efecto del adiestramiento, al comparar estos resultados con los obtenidos previos al entrenamiento ([cuadro 3](#)), lo que indicaría que el metabolismo anaeróbico de los carbohidratos no es una fuente importante de energía para estos animales durante el adiestramiento. Es probable que tanto la oxidación del piruvato obtenido por la vía glicolítica como la de los ácidos grasos sea más eficiente durante el adiestramiento, lo que explicaría la disminución de LDH, estos resultados son concordantes con los obtenidos por [Hodgson y col. \(1985\)](#) en caballos sometidos a ejercicio en "treadmill".

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que el músculo *Gluteus medius* de estos equinos presentan cambios en sus características fibrilares y actividad metabólica, como causa del adiestramiento.

## RESUMEN

Se obtuvieron biopsias a 3 y 6 cm de profundidad del músculo de 7 yeguas y 3 machos castrados de 4 años de edad, los cuales habían realizado previamente un programa de adiestramiento para salto por 6 meses. Las muestras fueron analizadas por las técnicas mATPasa miofibrilar, para determinar la composición fibrilar, y NADH-TR para determinar la capacidad oxidativa. La actividad metabólica de las fibras se determinó por la actividad de las enzimas CS, HAD, LDH y CK.

Los promedios obtenidos para la composición fibrilar fueron de 14, 28, 41 y 17% a 3 cm y 25, 30, 34 y 10% a 6 cm de profundidad para las fibras tipo I, IIA, IIB oxidativas y IIB no oxidativas respectivamente. Al analizar el factor profundidad de la biopsia se encontraron diferencias estadísticamente significativas, específicamente para las fibras tipo I y IIB, mientras que las tipo IIA mantuvieron valores similares. El tamaño de las fibras fue de  $2191\pm624$ ,  $3466\pm840$  y  $5578\pm1439$   $\text{mm}^2$  a los 3 cm de profundidad y 243, 3929 y 5558  $\text{mm}^2$  a los 6 cm de profundidad para las fibras tipo I, IIA y IIB, respectivamente. El diámetro menor fue de 19; 24 y 30 a 3 cm de profundidad y 20, 25 y 30 para las fibras tipo I, IIA y IIB a 6 cm de profundidad.

La actividad de las enzimas CS, HAD, LDH y CK fueron 817, 243, 1,2 y 1,8 U/mg de proteínas a 3 cm de profundidad y 1479, 542, 1,58 y 3,30 a 6 cm de profundidad, existiendo diferencias significativas para las enzimas CS y HAD entre las dos profundidades durante el período de adiestramiento.

Los resultados indican que el adiestramiento produce cambios en la composición fibrilar y capacidad metabólica del músculo *Gluteus medius* en equinos preparados para competencias de salto.

---

Aceptado: 20.04.2000.

\*Financiado por Proyecto 96.151.004-1.2, Dirección de Investigación, Universidad de Concepción.

## BIBLIOGRAFIA

- Alp, P., E. Newsholme, V. Zammit. 1976. Activities of citrate sintetase and NAD-linked and NADP-linked isocitrate dehydrogenase in muscle from vertebrates in muscle from vertebrates and invertebrates. *Biochem. J.* 154: 689-700.
- Andrews, F.M. T.L. Spurgeon. 1986. Histochemical staining characteristics of normal horse skeletal muscle. *Am. J. Vet. Res.* 47 (8): 1843-1852.
- Brooke, M.H., K.K. Kaiser. 1970. Three "myosin adenosine triphosphatase" systems: the nature of their pH lability and sulphhydryl dependence. *J. Histochem. Cytochem.* 18: 670-672.
- Dubowitz, V. 1985. Muscle biopsy: A practical approach. 2<sup>nd</sup> Edit. Baillière Tindall, London.
- Essén-Gustavsson B., A. Lindholm, J. Thornton. 1980. Histochemical properties of muscle fibre types and enzyme activities in skeletal muscles of Standardbred trotters of different ages. *Equine Vet. J.* 12 (4): 175-180.
- Essén-Gustavsson, B., K. Karlström, A. Lindholm. 1984. Fibre types, enzyme activities and substrate utilization in skeletal muscles of horses competing in endurance rides. *Equine Vet. J.* 16: 197-202.
- Essén-Gustavsson, B., A. Lindholm. 1985. Muscle fibre characteristics of active and inactive Standardbred horses. *Equine Vet. J.* 17: 434-438.
- Essén-Gustavsson, B., D. McMiken, K. Karlström, A. Lindholm, S. Persson, J. Thornton. 1989. Muscular adaptation of horses during intensive training and detraining. *Equine Vet. J.* 21: 27-33.
- Guy, P.S., D.H. Snow. 1977. The effect of training and detraining on muscle composition in the horse. *J. Physiol.* 269: 33-51.
- Henckel, P. 1983. Training and growth induced changes in the middle gluteal muscle of young Standardbred trotters. *Equine Vet. J.* 15 (2): 134-140.
- Hodgson, D.R., R.J. Rose, J. DiMauro, J.R. Allen. 1985. Effects of a submaximal treadmill programme on histochemical properties, enzyme activities and glycogen utilisation of skeletal muscle in the horse. *Equine Vet. J.* 17 (4): 300- 305.
- Islas, A., J. López-Rivero, V. Aedo, M. Quezada, G. Mora, L. Marín, M. Briones, M. Aedo. 1996. Características histoquímicas de las fibras del músculo *Gluteus medius* en equinos de tiro. *Arch. Med. Vet.* 28: 83-91.
- Islas, A., J. López-Rivero, M. Quezada, G. Mora, V. Merino, M. Briones, P. Pérez, L. Marin. 1997. Características histoquímicas y bioquímicas de las fibras del músculo *Gluteus medius* en equinos de tiro descendientes del Plan de Fomento Equino. *Arch. Med. Vet.* 29: 35-43.
- Islas, A., M. Quezada, A. Bernales, G. Mora, J.L. López-Rivero, V. Merino, M. Briones, C. Escalona, L.

- Marin. 1998. Características histoquímicas y morfométricas del músculo *Gluteus medius* en equinos en preparación para competencias de salto. Estudio preliminar. *Arch. Med. Vet.* 30: 101-105
- Kline, K.H., L.M. Lawrence, J. Novakovsky, P.J. Bechtel. 1987. Changes in muscle fiber type variation within the middle gluteal of young and mature horses as a function of sampling depth. pp.:271-277. En: J. R. Gillespie and N. E. Robinson (eds.). *Equine Exercise Physiology*. ICEEP Publications. Davis, California, U. S. A.
- Lindholm, A., K. Piehl. 1974. Fibre composition, enzyme activity and concentrations of metabolites and electrolytes in muscles of Standardbred horses. *Acta Vet. Scand.* 15: 287-309.
- López, J. F. 1995. Determinación de la actividad de las enzimas citrato sintetasa, creatinfosfoquinasa y lactato deshidrogenasa en la fibra muscular del equino mestizo de tiro criollo, en condiciones de reposo. Memoria de título. Med. Vet., Universidad de Concepción, Fac. Med.Vet. Chillán, Chile.
- López-Rivero, J.L., E. Agüera, J.G. Monterde, M.V. Rodríguez-Barbudo, F. Miró. 1989. Comparative study of muscle fiber type composition in the middle gluteal muscle of Andalusian, Thoroughbred and Arabian horses. *J. Equine Vet. Sci.* 9: 337-340.
- López-Rivero, J.L., E. Agüera, M.V. Rodriguez-Barbudo, A.M. Galisteo, J.L. Morales-López. 1990. Degree of correspondence between contractile and oxidative capacities in horse muscle fibres: histochemical study. *Histol. Histopath.* 5: 49-53.
- López-Rivero, J.L., J.L. Morales-López, A. Galisteo, E. Agüera. 1991. Muscle fibre type composition in untrained and endurance trained Andalusian and Arab horses. *Equine Vet. J.* 23: 91-93.
- López-Rivero, J.L., E. Agüera, J.G. Monterde, J. Vivo, M.V. Rodriguez-Barbudo. 1992. Skeletal muscle fiber size in untrained and endurance-trained horse. *Am. J. Vet. Res.* 53 (5): 847-850.
- López-Rivero, J.L., A.M. Diaz, J.G. Monterde, E. Agüera. 1993a. Intramuscular distribution of fibre types in the *Gluteus medius* of the horse: A histochemical analysis. *Anat. Histol. Embryol.* 22: 233-240.
- López-Rivero, J.L., M.C. Ruz, A.L. Serrano, A.M. Galisteo. 1993b. Efecto del entrenamiento y desentrenamiento sobre el tamaño de los tipos de fibras musculares en diferentes razas de caballos. *Arch. Med. Vet.* 25: 127-136.
- López-Rivero, J.L. 1995. Efecto del entrenamiento sobre el músculo esquelético del equino. *Agro-Ciencia* 11 (1): 71-85.
- Lowry, O., N. Rosebrough, A. Farr, R. Randall. 1951. Protein measurements with the folling plenol reagent. *J. Biol. Chem.* 198: 265-275.
- Mora, G.R., A. Islas, M.O. Quezada, J.L. López-Rivero, P.M. Perez, V.L. Aedo. 1995. Biopsia muscular en *Gluteus medius* de equinos de tiro. *Agro-Ciencia* 11 (1): 73-87.
- Ronéus, M., A. Lindholm, A. Asheim. 1991. Muscle characteristics in Thoroughbreds of different ages and sexes. *Equine Vet. J.* 23 (3): 207-210.
- Ronéus, M., B. Essén-Gustavsson, A. Lindholm, S.G.B. Persson. 1992. Skeletal muscle characteristics in young trained and untrained Standardbred trotters. *Equine Vet. J.* 23 (4): 207-210.
- Serrano, A.L., J.L. López-Rivero. 1996. Diversidad y plasticidad de las fibras musculares del caballo: En relación con la capacidad atlética y patrones de la locomoción pp: 1-9. En: *Características musculares y*

análisis de la locomoción del caballo: Adaptaciones en el entrenamiento y correlación con el rendimiento deportivo. Univ. Córdoba, España.

Snow, D.H., P.S. Guy. 1981. Fiber types and enzyme activities of Gluteus medius in different breeds of horse. En: J.B. Poorten y B. Niset (eds). Biochemistry of Exercise IV. Univ. Park Press, Baltimore.

Snow, D.H. 1983. Skeletal muscle adaptations: a review, pp. 160-183. En: D.H. Snow, S.G.B. Persson and R.J. Rose (eds.) Equine Exercise Physiology. Granta Editions, Cambridge, England.

Valberg, S., B. Essén-Gustavsson, H.S. Wallber. 1988. Oxidative capacity of skeletal muscle fibres in racehorses: histochemical versus biochemical analysis. *Equine Vet. J.* 20 (4): 291-295.

Vigil, H. 1966. Manual de Equitación. Edit. del Pacífico, Santiago, Chile. pp 63-94.