

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HISTOQUÍMICAS
Y MORFOMÉTRICAS DEL MÚSCULO *GLUTEUS MEDIUS*
EN EQUINOS DE SILLA FRANCÉS**

**HISTOCHEMICAL AND MORFOMETRICAL DETERMINATIONS
OF THE *GLUTEUS MEDIUS* MUSCLE IN SELLE FRANÇAIS HORSES**

ARMANDO ISLAS L.¹ (M.V., M.Sc.); MANUEL QUEZADA O.¹ (M.V., DM); GUILLERMO MORA R.¹ (MV.M.Sc.);
JOSÉ LÓPEZ-RIVERO² (MV.DM.); VICTORIA MERINO M.¹ (BQ. M.Sc.); HÉCTOR ROJAS C.¹ (MV.);
RICARDO KRAUSHARD³ (MV.); CLAUDIA MUÑOZ D.¹ (MV.); PATRICIA CÁDIZ Y.¹ (MV.)

SUMMARY

Biopsies were taken at depth of 4 and 6 cm in the Gluteus medius muscle of 21 horses Selle Français of 2 at 3 years old, 7 males and 14 females with out training. The samples were analyzed by mATPase miofibrillar technique and NADH-TR technique in order to determine the oxidative capacity of the fibers and the area and the lesser diameter were determined.

The averages obtained for the fibrillar composition were of 11%, 30%, 26% , 33 % and 19%, 37%, 18% and 25%, for the fibers type I, IIA, IIB oxidative and IIB non oxidative respectively at 4 and 6 cm of depth for male and female. The average obtained for fibrillar composition was 11%, 26%, 28%, 35% and 20%, 37%, 15% and 28% at 4 and 6 cm of depth respectively for the females. The average obtained for fibrillar compositions was 10%, 34%, 24%, 32% and 18%, 37%, 22% and 23% at 4 and 6 cm of depth respectively for the males. The fibrillar composition varies in relation to the depth of the biopsy for the fibers type I, IIA and IIB between the depth. There are differences significant in the fibrillar compositions only for the fiber type I between the depth. In total group there are differences for the fibers type I, IIA, IIB oxidatives and IIB no oxidatives between the depth of biopsie.

The area determined at 6 cm of depth was 2,942; 3,433; 4,998 μm^2 in males and females, 2,833; 3,339 and 4,436 μm^2 in the females and 3,051; 3,528; 4,820 μm^2 in the males for the fibers type I, IIA y IIB, respectively. The lesser diameter determined at 6 cm of depth was 52, 56 and 64 μm in the males and females, 50, 54 y 59 μm and 54,58 and 68 μm for the fiber type I, IIA and IIB, respectively. The area and lesser diameter showed significant differences between fibers type I, IIA and IIB, with the depth of biopsy and there are not significant differences between sex.

KEY WORDS: Muscle, histochemistry, morphometry, horse.

PALABRAS CLAVE: Músculo, histoquímica, morfometría, equino.

INTRODUCCIÓN

En general se han realizado numerosas investigaciones sobre las características histoquímicas y bioquímicas de los músculos esqueléticos y en particular del músculo *Gluteus medius* por sus implicaciones locomotoras y su fácil acceso para la toma de muestras (Lindholm y Piehl, 1974). La relación entre las características musculares y el

¹ Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción. Casilla 537, Chillán, Chile.

² Facultad de Veterinaria, Universidad de Córdoba, España. aislas@udec.cl
Financiado por Proyecto FONDECYT 1010631.

³ Escuela de Equitación del Regimiento de Caballería de Quillota, Chile.

rendimiento en los equinos no siempre han sido coincidentes; sin embargo, en algunas razas se ha demostrado relación entre la aptitud atlética de los equinos y la composición fibrilar (Snow y Guy, 1980; Barlow y col., 1984).

Las características estructurales de la fibra muscular han sido estudiadas tanto en animales en condiciones de reposo como en entrenamiento, demostrándose que la raza, la edad, la intensidad del entrenamiento y la profundidad de la biopsia son los principales factores de causa de variación de ellas (Essén-Gustavsson y col., 1989; Ronés y col., 1992; Islas y col., 1996, 1997).

La composición fibrilar se ha determinado tradicionalmente usando la técnica de miosina ATPasa (mATPasa), siendo las fibras tipo I, IIA y IIB las que se encuentran en individuos adultos y en los animales jóvenes se presentan también las fibras tipo IIC (Kline y col., 1987; López-Rivero y col., 1992; López-Rivero y col., 1993; Islas y col., 1996).

La capacidad oxidativa de las fibras se puede determinar utilizando la técnica de nicotinamida di-nucleótido tetrazolium reductasa (NADH-TR) (Dubowitz, 1985). Las fibras tipo I y IIA presentan una alta capacidad oxidativa y las fibras tipo IIB una capacidad oxidativa variable, susceptible de ser modificada por efecto del entrenamiento (Essén-Gustavsson *et al.*, 1984). Es importante la determinación de las relaciones entre las fibras tipo I/IIA y fibras oxidativas y no oxidativas para determinar la capacidad de resistencia de las fibras y evaluar posteriormente sus cambios por efecto del entrenamiento (Quiroz-Rhote, Rivero, J. L., 2001).

Junto con analizar la composición fibrilar es importante determinar el tamaño de las fibras, las que se modifican por efecto del entrenamiento (López-Rivero, J. L., 1995).

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la composición fibrilar del músculo *Gluteus medius*, evaluar el efecto de la profundidad de la biopsia y el sexo en la composición fibrilar y la morfometría del músculo en equinos de Silla Francés que inician un programa de entrenamiento para participar en competencias ecuestres.

MATERIALES Y MÉTODO

En estudio se emplearon 21 equinos, 14 machos y 7 hembras de salto de Silla Francés clínicamente sanos, de 2 a 3 años de edad, pertenecientes a la Escuela de Equitación del Regimiento de Caballería de Quillota,

V Región, Chile. Los caballos no habían realizado ningún programa específico de entrenamiento previo a la toma de las biopsias musculares.

BIOPSIAS MUSCULARES

De cada caballo se obtuvieron 2 biopsias musculares, a 4 y 6 cm de profundidad a través de la misma incisión. Debido a la variabilidad de las características histoquímicas y morfométricas del músculo *Gluteus medius* (Lindholm y Piehl, 1974), las biopsias fueron tomadas por la misma persona con una aguja percutánea de 6 mm de diámetro interno (Henckel, 1983), tomando las precauciones necesarias para estandarizar la localización y profundidad de la toma de muestras. El sitio exacto se precisó dorsocaudalmente en un ángulo de 45°, a la tuberosidad coxal del íleon, a una distancia que osciló entre 15 y 20 cm de ese punto dependiendo de la conformación de la grupa de cada caballo (Mora y col., 1995).

Para la obtención de las muestras se rasuró un área de 4 cm² y después de desinfectar completamente la zona se infiltró el tejido subcutáneo con 2 a 3 ml de anestésico local (Lidocaína al 2% MR Lab. Chile). Posteriormente en la piel y fascia se hizo una incisión con el fin de introducir una aguja trócar para obtener el tejido a cuatro y seis cm de profundidad.

Una vez obtenidas las muestras, fueron colocadas sobre placas de poliestireno y luego bañadas en OCT "embedding compound" para congelación de tejidos (Tissue Tek, Miles Sci., USA) y se sumergieron durante 30 segundos en isopentano (2-metilbutano Lab. Merck), enfriado previamente en nitrógeno líquido (Dubowitz, 1985). Las biopsias fueron almacenadas en tubos rotulados en un termo de nitrógeno a una temperatura de -196 °C. 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 *et al.*, 1993).

MÉTODOS HISTOQUÍMICOS

De cada muestra se obtuvieron cortes seriados en un criostato (Microm HM 500) a -20 °C, de 10 µm de grosor que fueron incubados para demostrar la actividad miosín adenosín trifosfatasa miofibrilar (mATPasa Enzyme Commission, 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 nicotinamida adenina dinucleótido tetra-

zolium reductasa (NADH-TR 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, IIA y IIB (Brooke y Kaiser, 1970) (Figura 1). Las fibras tipo IIB de acuerdo a la intensidad de la tinción NADH-TR se clasificaron en IIB oxidativas y IIB no oxidativas (Figura 2).

COMPOSICIÓN FIBRILAR

Se determinó la proporción de cada tipo de fibra muscular en las dos profundidades de las biopsias. Un área representativa de cada biopsia conteniendo al menos 200 fibras fue examinada sistemáticamente en los cortes teñidos por mATPasa. La determinación de la capacidad oxidativa de ellas se evaluó con la tinción



Figura 1. Microfotografías de cortes del músculo *Gluteus medius* a 4 cm de profundidad actividad, miosín adenósín trifosfatasa miofibrilar. Fibras oscuras (tipo I), claras (Tipo IIA) intermedias (tipo IIB).

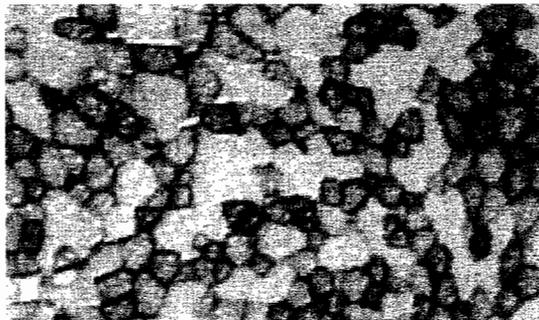


Figura 2. Microfotografías de cortes del músculo *Gluteus medius* a 4 cm de profundidad. Capacidad oxidativa evaluada por la reacción nicotinamida adenina dinucleótido tetrazolium reductasa. Fibras oxidativas oscuras, fibras no oxidativas claras.

NADH-TR, para lo cual se obtuvieron microfotografías en blanco y negro (x100) de las dos tinciones.

MORFOMETRÍA

Para obtener los porcentajes y tamaño fibrilar se examinó un área representativa de cada biopsia, determinándose las frecuencias relativas de las fibras tipos I, IIA y IIB. Las tipos IIB oxidativas y IIB no oxidativas fueron calculadas sobre las microfotografías mediante el cómputo de 200 fibras por biopsia.

El área transversal y el diámetro mínimo de los tipos de fibras se obtuvieron sobre microfotografías procesadas con un sistema de imagen computarizado Visilog 5, midiendo 25 fibras del área central de los cortes.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se expresan 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 con un análisis de varianza.

RESULTADO

El estudio histoquímico realizado en este trabajo permitió determinar la composición fibrilar y tamaño de las fibras del músculo *Gluteus medius*.

El porcentaje de fibras tipo I total fue de $11 \pm 4,3\%$ a la profundidad de 4 cm, aumentando a $19 \pm 5,8\%$ a los 6 cm de profundidad, siendo esta variación estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (Tabla 1). Los porcentajes para hembras fueron de $11 \pm 4,8\%$ y $20 \pm 6,82\%$ a 4 y 6 cm de profundidad y de $10 \pm 3,3\%$ y $18 \pm 2,9\%$ a 4 y 6 cm para los machos, respectivamente, existiendo sólo diferencias significativas por efecto de la profundidad de la biopsia ($p < 0,05$).

El porcentaje de fibras tipo IIA total fue de $30 \pm 10,3\%$ a la profundidad de 4 cm, aumentando a $37 \pm 5,8\%$ a los 6 cm de profundidad, siendo esta variación estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (Tabla 1). Los porcentajes para hembras fueron de $26 \pm 11,3\%$ y $37 \pm 4,2\%$ a 4 y 6 cm de profundidad y de $34 \pm 8,7\%$ y $37 \pm 7,5\%$ a 4 y 6 cm para los machos, respectivamente, existiendo diferencias significa-

tivas por efecto de la profundidad de la biopsia para las hembras ($p < 0,05$).

El porcentaje de fibras tipo IIB oxidativas total fue de $26 \pm 10,4\%$ a la profundidad de 4 cm, disminuyendo a $19 \pm 6,18\%$ a los 6 cm de profundidad, siendo esta variación estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (Tabla 1), siendo los porcentajes para hembras de $28 \pm 6,2\%$ y $15 \pm 6,8\%$ a 4 y 6 cm de profundidad y $24 \pm 10,1\%$ y $22 \pm 45,6\%$ a 4 y 6 cm para los machos, respectivamente, existiendo diferencias significativas por efecto de la profundidad de la biopsia para las hembras ($p < 0,05$).

El porcentaje de fibras tipo IIB no oxidativas total fue de $33 \pm 8,2\%$ a la profundidad de 4 cm, disminuyendo a $27 \pm 8,7\%$ a los 6 cm de profundidad, no siendo esta variación estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (Tabla 1). Los porcentajes para hembras de $32 \pm 8\%$ y $28 \pm 8,4\%$ a 4 y 6 cm de profundidad y $32 \pm 8,3\%$ y $23 \pm 2,9\%$ a 4 y 6 cm para los machos, respectivamente, existiendo diferencias significativas por efecto de la profundidad de la biopsia para los machos ($p < 0,05$).

Al comparar la composición fibrilar de las hembras y los machos sólo se obtuvieron diferencias significativas en el porcentaje de fibras tipo IIA a 4 cm de profundidad.

El área promedio de las fibras tipo I, IIA y IIB determinado a 6 cm de profundidad fue de $2.942 \pm 828\text{mm}^2$, $3.433 \pm 733\text{mm}^2$ y $4.998 \pm 1.116\text{mm}^2$, para el grupo de $2.833 \pm 1.048\text{mm}^2$, $3.339 \pm 787\text{mm}^2$ y $4.820 \pm 945\text{mm}^2$ para las hembras y $3.051 \pm 608\text{mm}^2$, $3.528 \pm 680\text{mm}^2$ y $4.820 \pm 1.287\text{mm}^2$ para los machos, existiendo diferencias estadísticamente significativas en el área entre las

fibras tipo I y IIA con las fibras tipo IIB en el grupo, en las hembras y en los machos ($p < 0,05$) (Tabla 2).

El diámetro mínimo de las fibras tipo I, IIA y IIB determinado a 6 cm de profundidad fue de $52 \pm 10,5\text{mm}$, $56 \pm 7,5\text{mm}$ y $64 \pm 10,9\text{mm}$, para el grupo, de $50 \pm 10\text{mm}$, $54 \pm 8\text{mm}$, y $59 \pm 11\text{mm}$ para las hembras y $54 \pm 6,1\text{mm}$, $58 \pm 6,5\text{mm}$ y $68 \pm 10,8\text{mm}$ para los machos, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre el diámetro de las fibras tipo I y IIA con las IIB para el grupo, las hembras y los machos.

Al determinar el índice de resistencia y capacidad oxidativa de las fibras a las dos profundidades estudiadas se obtuvo la relación I/IIA de 0,36 y 0,51, la relación fibras IIA/IIB de 1,15 y 2,05 y la relación fibras oxidativas/no oxidativas de 2,03 y 3,0 a 4 y 6 cm de profundidad, respectivamente (Tabla 3).

DISCUSIÓN

En este estudio se obtuvieron biopsias del músculo *Gluteus medius* debido a la importancia de éste en la propulsión del miembro pélvico y por tener un riesgo mínimo para el animal (Lindholm y Piehl, 1974; Snow, 1983). Para lograr una mayor información sobre la proporción de los distintos tipos de fibras se tomaron las biopsias a dos profundidades (López-Rivero y col., 1993; Islas y col., 1996).

Con las técnicas histoquímicas en el músculo esquelético de los mamíferos se ha logrado identificar fibras: I y IIA, IIB oxidativas y IIB no oxidativas (Essén-Gustavsson y col., 1980; Ronés y col., 1991), pudiendo en animales jóvenes existir fibras tipo IIC,

TABLA 1
TIPOS DE FIBRAS PRESENTADOS COMO PORCENTAJES (%) EN EL MÚSCULO
GLUTEUS MEDIUS DE EQUINOS DE SILLA FRANCÉS (PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR)

Profundidad 4 cm		Tipos de fibra			
		I	IIA	IIBox	IIBnox
Hembras	(4cm)	11 ± 4,8a	25 ± 11,3a	28 ± 6,2a	35 ± 8,0
	6(cm)	20 ± 6,8b	37 ± 4,2b	15 ± 6,8b	28 ± 8,4
Machos	(4cm)	10 ± 3,3a	34 ± 8,7a	23 ± 14a	32 ± 8,3a
	6(cm)	18 ± 2,9b	38 ± 7,5a	22 ± 5,6a	25 ± 2,9a
Total	(4cm)	11 ± 4,3a	30 ± 10,3a	26 ± 10,4a	33 ± 8,2
	(6cm)	19 ± 5,8b	37 ± 5,8a	18 ± 6,1a	27 ± 8,7a

Hembras n=7 Machos n=14 Total n= 21

Box Fibras IIB oxidativas Bnox Fibras IIB no oxidativas

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

TABLA 2

ÁREAS (MM²) DE LAS FIBRAS DEL MÚSCULO *GLUTEUS MEDIUS* EN EQUINOS DE SILLA FRANCÉS PRESENTADOS COMO PROMEDIO (X) Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DS) DETERMINADAS A 6 CM DE PROFUNDIDAD

6 cm de profundidad	Tipos de fibra		
	I	IIA	IIB
	Area(μm^2)	Area(μm^2)	Area(μm^2)
Hembras	2.833 \pm 1.048a	3.339 \pm 787a	4.436 \pm 945b
Machos	3.051 \pm 608a	3.528 \pm 680a	4.820 \pm 1.278b
Total	2.942 \pm 828a	3.433 \pm 733a	4.998 \pm 1.116b

Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Hembras n = 7 Machos = 14 Total = 21

Letras diferentes en sentido vertical representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

TABLA 3

DIÁMETRO MENOR (MM) DE LAS FIBRAS DEL MÚSCULO *GLUTEUS MEDIUS* EN EQUINOS DE SILLA FRANCÉS PRESENTADOS COMO PROMEDIO (X) Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DS) DETERMINADAS A 6CM DE PROFUNDIDAD

6 cm de profundidad	Tipos de fibra		
	I	IIA	IIB
	Diámetro(μm)	Diámetro(μm)	Diámetro(μm)
Hembras	50 \pm 10a	54 \pm 8a	59 \pm 11b
Machos	54 \pm 6,5a	58 \pm 6,5a	68 \pm 10,8b
Total	52 \pm 10,5a	56 \pm 7a	64 \pm 10,9b

Letras diferentes en sentido vertical representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

(Essén-Gustavsson y col., 1980; Andrews y Spurgeon, 1986), las que con la técnica mATPasa pueden confundirse con las fibras tipo IIA. En un estudio paralelo realizado por Muñoz (2002) y Cádiz (2000) se obtuvo un 3% de fibras tipo juveniles, determinándose con método inmunohistoquímico, lo que permiten una mejor identificación de las fibras híbridas, como corresponde a las tipo C (Linnan y col., 1999; López-Rivero y col., 1999).

El sitio de muestreo tiene un importante efecto en la composición fibrilar, junto con la profundidad de la biopsia, por lo tanto es importante considerar el lugar y la profundidad de muestreo (Essén-Gustavsson et al., 1989; López-Rivero y col., 1992; Islas y col., 1996).

En este estudio se obtuvieron biopsias a 4 y 6 centímetros. El patrón de variación de composición

fibrilar según la profundidad de la biopsia es similar al obtenido en otras investigaciones (Bruce y Turek, 1985; Andrews y Spurgeon, 1986; Kline y col., 1987; Islas y col., 1996), existiendo un aumento significativo de las fibras tipo I y una disminución de las fibras tipo IIB con la profundidad de la biopsia. Esto determina que el músculo tiene una capacidad de contracción rápida, con un predominio de las fibras tipo IIA en las regiones más profundas. Las variaciones que se obtuvieron por efecto de la profundidad de la biopsia confirman la necesidad de realizar 2 ó 3 biopsias en un mismo sitio de muestreo, dependiendo del volumen del tamaño del músculo *Gluteus medius*, la raza del animal, para obtener una mejor representación de la composición del músculo *Gluteus medius* (López-Rivero y col., 1993a; Islas y col., 1996).

Con el análisis de la composición fibrilar se pueden hacer algunas estimaciones de la capacidad de las fibras musculares relacionada con la resistencia y metabolismo muscular que pueden ser de utilidad en la práctica como son la relación de las fibras tipo I/IIA, relación IIA/IIB, el tamaño de las fibras y la determinación de la capacidad oxidativa de ellas. Los índices obtenidos en el grupo (Tabla 4) indican que pueden ser mejorados por el entrenamiento, especialmente la relación fibras oxidativas/no oxidativas, aumentando además el índice de resistencia y el tamaño de ellas, índices que son relevantes en el momento de determinar qué tipo de metabolismo realizan las fibras esqueléticas de los mamíferos, siendo necesario contar con los valores de estos índices en animales sin entrenamiento para que sean comparados posteriormente con los obtenidos en los animales entrenados (López-Rivero y col., 1998; Quiroz-Rothe; Rivero J.L., 2001). El porcentaje de fibras no oxidativas en este estudio es de un 30%, lo que corresponde a animales que no han realizado entrenamiento y pueden ser modificados por efecto de él (Ronéus y col., 1992 y Linnane y col., 1999), dependiendo de la duración e intensidad, produciendo una disminución de las fibras tipo IIB no oxidativas y un aumento de las fibras tipo I, IIA y IIB oxidativas, aumentando la capacidad aeróbica de los caballos y su resistencia para participar en competencias. Debido a que el grupo en estudio son animales jóvenes y aún no han iniciado un programa de entrenamiento se puede pensar que tendrán un gran potencial de transformación de fibras no oxidativas en oxidativas.

Al analizar el efecto del sexo en la composición fibrilar sólo se observaron diferencias significativas entre los machos y hembras en el porcentaje de fibras tipo IIA en las biopsias realizadas a 4 cm. Al respecto, indagaciones realizadas por diversos investigadores entregan resultados contradictorios y algunos postulan que la diferencia podría deberse al mayor desarrollo muscular que presentan los machos y por

lo tanto habría una diferencia relativa en la profundidad de la biopsia. Por otra parte, en los estudios disponibles el número de muestras obtenidas es limitado, lo que hace que los resultados sean poco concluyentes (López-Rivero, J.L., 1995; Ronéus y col., 1991).

El análisis morfométrico permitió determinar el área y el diámetro de las fibras, siendo las fibras tipo IIB las que presentan una mayor área y diámetro, situación similar a la observada en otras investigaciones (Ronéus y col., 1992; López-Rivero y col., 1993a; Islas y col., 1998).

Al estudiar los resultados obtenidos en las hembras y en los machos no se observaron diferencias significativas entre ellos, resultado similar a los obtenidos por otros investigadores, presentando equinos entrenados de razas de deporte y de trabajo un mayor tamaño de las fibras (López-Rivero y col., 1993; Islas y col., 1998; López-Rivero y Serrano, 1998).

El estudio realizado permitió caracterizar la composición fibrilar y la morfometría del músculo *Gluteus medius* del equino de Silla Francés, resultados que podrán ser utilizados para estudiar posteriormente el efecto de la edad y el entrenamiento en la composición fibrilar.

RESUMEN

Se obtuvieron biopsias a 4 y 6 centímetros de profundidad del músculo *Gluteus medius* de 21 equinos de Silla Francés con una edad de 2-3 años, los cuales no habían realizado con anterioridad ningún programa específico de entrenamiento. Las muestras fueron analizadas por las técnicas mATPasa miofibrilar, para determinar la composición fibrilar, y NADH-TR para establecer la capacidad oxidativa y se determinó el área y diámetro de las fibras.

El promedio obtenido en la composición fibrilar fue de 11%, 30%, 26% y 33 % a 4 cm y 19%, 37%, 19% y 25% a 6 cm para las fibras tipo I, IIA, IIB

TABLA 4

RELACIONES ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS DETERMINADOS EN EL GRUPO A 4 Y 6 CM DE PROFUNDIDAD EN EQUINOS DE SILLA FRANCÉS

	<i>Relación fibras I/IIA</i>	<i>Relación fibras IIA/IIB</i>	<i>Relación fibras ox/nox</i>
4 cm de profundidad	0,36	1,15	2,03
6 cm de profundidad	0,51	2,05	3,0

n = 21

ox = oxidativas

nox = no oxidativas

oxidativas y IIB no oxidativas, respectivamente, para la totalidad del grupo. Las hembras presentaron un promedio de 11%, 26%, 28% y 35% a 4 cm y 20%, 37%, 15% y 28% a 6 cm para las fibras tipo I, IA, IIB oxidativas y IIB no oxidativas, respectivamente, existiendo diferencias significativas relacionadas con la profundidad del muestreo para las fibras tipo I, II A y IIB oxidativas. Los machos presentaron un promedio de 10%, 34%, 24% y 32% a 4 cm y 18%, 37%, 22% y 23% a 6 cm para las fibras tipo I, IA, IIB oxidativas y IIB no oxidativas, respectivamente, existiendo diferencias significativas relacionadas con la profundidad del muestreo para las fibras tipo I.

El área de las fibras se determinó a 6 cm de profundidad, siendo para todo el grupo de 2.942 μm^2 , 3.433 μm^2 , 4.998 μm^2 y el diámetro menor fue de 52 μm , 56 μm y 64 μm para las fibras tipo I, II A y IIB, respectivamente. El área y diámetro menor para las fibras tipo I, II A y IIB fue de 2.833 μm , 3.339 μm , 4.436 μm y 50 μm , 54 μm y 59 μm , respectivamente, para las hembras. El área y diámetro menor para las fibras tipo I, II A y IIB fue de 3.051 μm^2 , 3.528 μm^2 , 4.820 μm^2 y 54 μm , 58 μm y 68 μm para los machos, presentando el grupo, las hembras y los machos el área y diámetro menor diferencias significativas entre las fibras tipo I, II A y IIB, y no hay diferencia en el tamaño de las fibras entre machos y hembras.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREWS, F.M. and T.L. SPURGEON. 1986. Histochemical staining characteristics of normal horse skeletal muscle. *Am. J. Vet. Res.* Vol. 47(8):1843-1852.
- BARLOW, D.A., J.M. LLOYD, P. HELLHAKE and J.A. SEDER. 1984. Equine muscle fiber types: a histological and histochemical analysis of select Thoroughbred yearlings. *Vet. Bull. Abstr.* 54(10):6850.
- BRUCE, V. and R. J. TUREK. 1985. Muscle fibre variation in the *Gluteus medius* of the horse. *Equine Vet. J.* 17(4): 317-321.
- CÁDIZ P.A. 2002. Caracterización histoquímica, inmunohistoquímica y morfométrica del músculo *Gluteus medius* en yeguas mestizas (FS1 x Selle Francés) sin entrenamiento destinadas a deporte ecuestre. Memoria de título. Med. Vet. Universidad de Concepción, Fac. Med. Vet. Chillán. Chile.
- DUBOWITZ, V. (1985) *Muscle biopsy: A practical approach*. 2nd Ed. Baillière Tindall, London.
- ESSÉN-GUSTAVSSON B., A. LINDHOLM and 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 and 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., D. MCMIKEN, K. KARLSTRÖM, A. LINDHOLM, S. PERSSON and J. THORNTON. 1989. Muscular adaptation of horses during intensive training and detraining. *Equine Vet. J.* 21:27-33.
- HENCKEL, P. 1983. Training and growth induced changes in the middle gluteal muscle of young Standardbred trotters. *Equine Vet. J.* 15(2):134-140.
- ISLAS, A., J. LÓPEZ-RIVERO, V. AEDO, M. QUEZADA, G. MORA, L. MARÍN, M. BRIONES, M. AEDO, V. (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. MARÍN, 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., J. M. QUEZADA, A. BERNALES, G. MORA, J. LÓPEZ-RIVERO, V. MERINO, M. BRIONES, C. ESCALONA (1998). Características histoquímicas y morfométricas del músculo *Gluteus medius* en equinos en preparación para competencias de salto. Estudio preliminar. *Arch. Med. Vet.* 30. 101-108.
- KLINE, K.H., L.M. LAWRENCE, J. NOVAKOVSKY and 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. In: J. R. Gillespie and N. E. Robinson (Eds.) *Equine Exercise Physiology*. ICEEP Publications. Davis, California, U.S.A.
- LINDHOLM, A. and K. PIEHL. 1974. Fibre composition, enzyme activity and concentrations of metabolites and electrolytes in muscles of Standardbred horses. *Acta Vet. Scand.* 15: 287-309.
- LINNAN, E. L., LÓPEZ-RIVERO J.L. (1999). Distribution of heavy chains based muscle fibres in the *Gluteus medius* of untrained horses mismatch between antigenic and mATPase determinants. *J. Anat.* 194:363-372.
- LÓPEZ-RIVERO, J.L., E. AGÜERA, J.G. MONTERDE, J. VIVO and M.V. RODRÍGUEZ-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. DIZ, J.G. MONTERDE and E. AGÜERA. 1993. 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. 1993a. 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 (revisión bibliográfica). *Agro-Ciencia* 11(1):71-85.
- LÓPEZ-RIVERO, J.L., A.L. SERRANO. 1998 Composición fibrilar del músculo *Gluteus medius* en equinos con distinto historial de carreras de resistencia. *Arch. Med. Vet.* 30(1):115-123.
- LÓPEZ-RIVERO, J.L., and R.J. TALMOGDGE. 1999. Interrelations of myofibrillar ATPase activity and metabolic properties of miosin heavy chain-based fibre types in rat skeletal muscle. *Histochem. Cell. Bil.* 111:277-287.
- MUÑOZ, C.H., 2002. Caracterización histoquímica, inmunohistoquímica y morfométrica del músculo *Gluteus medius* de equinos sin entrenamiento. Memoria de título. Med. Vet.

- Universidad de Concepción, Fac. Med. Vet. Chillán. Chile.
- MORA, G.R., A. ISLAS, M.O. QUEZADA, J.L. LÓPEZ-RIVERO, P.M. PÉREZ y V.L. AEDO. 1995. Biopsia muscular en *Gluteus medius* de equinos de tiro. *Agro-Ciencia* 11 (1):73-87.
- QUIROZ-ROTHER, E., RIVEROS, J.L. 2001. Co-ordinate expression of contractile and non-contractile features of control equine muscle fibres characterized by immunostaining of myosine heavy chains. *Histochem Cell Biol.* 116:299-312.
- RONÉUS, M., A. LINDHOLM and A. ASHEINM. 1991. Muscle characteristics in Thoroughbreds of different ages and sexes. *Equine Vet. J.* 23(3):207-210.
- RONÉUS, M., B. ESSÉN-GUSTAVSSON, A. LINDHOLM and 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., PETRIE J.L., RIVEROS J.L.L., HERMANSON J.W. (1996). Myosine isoforms and muscle fiber characteristic in equine *Gluteus medius* muscle. *Anatomic Record.* 224: 444-451.
- SNOW, D.H. and P.S. GUY. 1980. Muscle fibre type composition of a number of limb muscles in different types of horse. *Res. Vet. Sci.* 28:137-144.
- SNOW, D.H., and D. GUY, P.S. (1981). Muscle fibre type composition of a number of limb muscles in different types of horses. *Res. Vet. Sci.* 28:137-144.
- SNOW, D.H. 1983. Skeletal muscle adaptations: a review. pp. 160-183. In: D.H. Snow, S.G.B. Persson and R.J. Rose (Eds.) *Equine Exercise Physiology*. Granta Editions. Cambridge, England.