

CARACTERÍSTICAS MUSCULARES Y POTENCIA ANAERÓBICA Y AERÓBICA MÁXIMAS EN CICLISTAS DE COMPETICIÓN

MUSCLE CHARACTERISTICS AND ANAEROBIC AND AEROBIC MAXIMAL POWER IN COMPETENCE CYCLISTS

RESUMEN

Se estudiaron 15 ciclistas de la selección del Estado Lara de Venezuela, 9 del sexo masculino y 5 del femenino, de 20 ± 2 años. Siete eran fondistas, 4 semifondistas y 4 velocistas. La potencia aeróbica fue evaluada por el consumo máximo de oxígeno (VO_2 max), la potencia anaeróbica láctica por la prueba de Wingate y la potencia anaeróbica alactácida por la prueba del salto vertical. Se practicó biopsia del músculo cuádriceps para la clasificación de los tipos de fibras, evaluación de los capilares y determinación de las enzimas citrato sintetasa (CS), β -hidroxiacil-CoA-deshidrogenasa (HAD) y deshidrogenasa láctica (LDH). El grupo masculino alcanzó mayores valores en todas las pruebas, excepto en el índice de fatiga en el que no difirió del grupo femenino. El músculo mostró niveles más altos de CS en los hombres y fue similar en área de las fibras y en capilaridad respecto a las mujeres. Los fondistas mostraron mayor proporción de fibras tipo I (63 ± 7 %), mayor nivel de CS ($29,2 \pm 5,5 \mu\text{mol}/\text{min}\cdot\text{gr}$) y mayor densidad capilar (417 ± 31 capilares/ mm^2). Los mediofondistas presentaron mayor porcentaje de fibras tipo IIa (50 ± 5 %). Se encontró correlación entre la CS y los Watts/kg en la prueba del salto ($r=0,55$), entre la HAD y la potencia promedio/kg en Wingate ($r=0,69$) y entre la LDH y los resultados de Wingate ($r=0,52$ a $r=0,60$).

En conclusión, las potencias aeróbica y anaeróbica de los ciclistas del grupo estudiado parecen estar más relacionadas con los efectos del entrenamiento en el músculo, que con su composición miofibrilar.

Palabras claves: ciclismo, tipos de fibras, consumo máximo de oxígeno, capacidad aeróbica, capacidad anaeróbica.

SUMMARY

A group of Venezuelan cyclists from the Lara State selection, aged 20 ± 2 years, formed by 9 males and 5 females, was studied. Seven of them were long-distance cyclists, 4 sprinters and 4 middle-distance cyclists. Maximal aerobic power (VO_2 max) was evaluated, as well as lactacid (Wingate test) and alactacid power (vertical jump test). A quadriceps muscle biopsy was taken for muscle fiber classification, assessment of capillaries and determination of the enzymes citrate synthase (CS), β -hydroxycil-CoA-dehydrogenase (HAD) and lactic dehydrogenase (LDH). The male group showed higher values in all tests, except in fatigue index, which was similar to the female group. CS muscle levels were higher in men, but there were not differences in fiber area and capillarity compared to females. The highest percentage in type I fibers was found in the long-distance cyclists (63 ± 7 %), also the most elevated CS level ($29.2 \pm 5.5 \mu\text{mol}/\text{min}\cdot\text{gr}$) and the highest capillary density (417 ± 31 capillaries/ mm^2). Middle-distance cyclists showed the highest proportion of IIa fiber type (50 ± 5 %). There was a direct correlation between CS level and Watts/Kg in the jumping test ($r=0.55$), in the HAD level and mean power/Kg in Wingate test ($r=0.69$), and between LDH level and the all the results of the Wingate test ($r=0.52$ to $r=0.60$).

In conclusion, in this group of cyclist, aerobic and anaerobic power tests seemed to be more related to muscle changes due to training than to muscle fiber type proportions.

Key words: bicyclist, muscle fiber types, maximal oxygen consumption, aerobic capacity, anaerobic power.

José Subiela¹

Sonia H. Torres²

Alvaro Herrera²

Noelina Hernández²

Pedro Alexander¹

Fernando Jimeno¹

¹Departamento de Educación Física, Instituto Pedagógico de Barquisimeto

²Instituto de Medicina Experimental, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

INTRODUCCION

Los ciclistas de competencia, de acuerdo a las características de las pruebas en las que participan, pueden agruparse en velocistas, mediofondistas y fondistas. Los tests que se utilizan para determinar su capacidad, consisten en medir el consumo de oxígeno máximo ($\text{VO}_2 \text{ max}$), con protocolos en el cicloergómetro u otros equipos; y la potencia máxima desarrollada en pruebas cortas de gran intensidad^(1,2,3,4). En los fondistas de alta competencia se registran valores de $\text{VO}_2 \text{ max}$ de alrededor de $70 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{(5,6)}$. En algunos casos, como en los vencedores del Tour de France o campeonatos mundiales, se registran valores superiores a los $80 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{(7,8)}$. Sin embargo, el rendimiento no parece depender tanto del valor del $\text{VO}_2 \text{ max}$, como del umbral láctico (UL), que representa el porcentaje del $\text{VO}_2 \text{ max}$ en el que el lactato sanguíneo alcanza el valor de $4 \text{ mmol/l}^{(9,10)}$. En ciclistas cuyo $\text{VO}_2 \text{ max}$ es similar, pero su UL diferente, el rendimiento puede variar hasta en un 100% en un ejercicio realizado a un mismo nivel de intensidad, por encima del UL de ambos⁽¹¹⁾. Los ciclistas de alto rendimiento alcanzan su UL entre el 75-85% del $\text{VO}_2 \text{ max}^{(7)}$. Esto a su vez, parece estar relacionado con el porcentaje de fibras tipo I, la densidad capilar (11,12) y la eficiencia mecánica^(13,14), así como por las adaptaciones que ocurren a largo plazo por el entrenamiento^(15,7).

Los velocistas tienen valores de $\text{VO}_2 \text{ max}$ inferiores al de los fondistas⁽¹⁶⁾, pero su rendimiento en las pruebas de Wingate⁽¹⁷⁾ y en el salto vertical son superiores⁽³⁾. Estos resultados se relacionan positivamente con un predominio de fibras tipo II⁽¹⁸⁾ y la presencia de fibras de un área mayor⁽¹⁷⁾. También se ha encontrado en los deportistas de actividades de velocidad y potencia una mayor actividad de la LDH⁽¹⁹⁾ de la creatina fosfoquinasa⁽²⁰⁾ y de la mioquinasa⁽²¹⁾.

En este trabajo se ha estudiado la distribución de los tipos de fibras, la capilaridad y la actividad enzimática oxidativa y glicolítica en relación con la máxima potencia aeróbica y anaeróbica, en un grupo de ciclistas de la selección del Estado Lara de Venezuela, de ambos sexos y diferentes especialidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos

El estudio se realizó en 15 sujetos (9 hombres y 6 mujeres), todos pertenecientes a la selección de ciclismo del Estado Lara (Venezuela), cuyas características personales se describen en la tabla 1. Todos los participantes en el estudio; o sus representantes en caso de que fueran menores de edad, firmaron el consentimiento para la realización de todas las pruebas, incluyendo la biopsia muscular, luego de que se les fuera explicado cada procedimiento. El estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Ética de FUNDELA (Fundación para el desarrollo del deporte del Estado Lara). Los ciclistas se clasificaron en fondistas, que son los que participan en ciclismo de carretera de larga distancia; los mediofondistas, los cuales compiten en ciclismo en pruebas de pista, los hombres en 4000 metros persecución individual y por equipos y prueba Madison, y las mujeres en 3000 metros persecución individual y 4000 metros persecución por equipos; los velocistas de ambos sexos compiten en 200 metros lanzados. Los sujetos JM y HY son los de mejor actuación como mediofondistas, como velocista destaca DV, y el mejor resultado como fondista es de JRo.

Composición corporal

Para la estimación del porcentaje de grasa (%Gr) y el peso magro corporal (PMC) se aplicó la técnica antropométrica de Durnin y Womersley, 1974⁽²²⁾. Las mediciones se realizaron en 2 oportunidades por la misma persona, y se consideró el valor promedio si la diferencia entre ambos no superaba el 5%. En ningún caso los valores variaron en más del 3,8% entre la primera y segunda medición.

Potencia aeróbica ($\text{VO}_2 \text{ max}$)

Se determinó en un cicloergómetro (Monark AB modelo 824C, Varberg, Suecia), con una carga inicial de 80 W en los hombres y 75 W en las mujeres, con incrementos de 40 W y 37,5 W respectivamente y dos minutos de duración en cada

HOMBRES	EDAD (años)	PESO (Kg)	TALLA (cm)	IMC (Kg/tm ²)	% GRASA	ESPECIALIDAD	TABLA I. Características físicas y especialidad de los ciclistas
J.Ro	24	69,5	178,5	21,8	5,3	FONDISTA	
D.V.	22	76,5	171,5	26,0	6,8	VELOCISTA	
R.P.	23	75,3	177,5	23,9	8,7	FONDISTA-MF	
J.Ra	22	62,0	169,5	21,6	5,1	FONDISTA	
H.M.	23	64,0	172,0	21,6	5,3	FONDISTA	
E.G.	18	61,8	168,0	21,9	6,0	VELOCISTA	
J.M.	17	67,5	180,0	20,7	7,9	MEDIOFOND.	
N.V.	20	58,5	170,0	20,2	5,1	FONDISTA	
H.Y.	16	59,6	176,5	19,1	6,0	MEDIOFOND.	
Promedio (DE)	20 (3)	66 (7)	174 (4)	21,9 (2,0)	7,9 (6,0)		
MUJERES							
Y.G.	22	68,4	172,5	23,0	20,8	VELOCISTA	
I.O.	22	52,1	154,5	21,8	18,6	FONDISTA	
M.F.P..	21	64,8	168,5	22,8	18,8	FONDISTA	
Y.L.	22	53,8	165,0	19,8	16,4	MF-FONDISTA	
M.B..	20	68,1	164,5	25,2	19,8	VELOCISTA	
T.A.	22	69,4	167,0	24,9	21,6	FONDISTA	
Promedio (DE)	21 (1)	62 (8)	164* (7)	22,9 (2,0)	19,2* (1,7)		

IMC= índice de masa corporal. MF= medio fondista.

* Diferencia entre hombres y mujeres $p < 0,02$

etapa, hasta alcanzar el máximo nivel de tolerancia expresado por los propios sujetos, o cuando se evidenciaban signos de agotamiento, como el no poder mantener la frecuencia de pedaleo. La prueba se consideró suficiente cuando la frecuencia cardiaca (FC) alcanzada fue $\geq 95\%$ de la FC máxima de predicción según edad⁽²³⁾, el VO_2 no se modificara con respecto a la carga anterior o que la variación fuera ≤ 100 ml/min entre 1 min y el siguiente, y el cociente respiratorio (CR) fuera $\geq 1,15$. Estos criterios se lograron en todos los sujetos. El análisis de gases se realizó cada 15 segundos, con promedio en cada minuto, en un equipo automático (Truemax 2400 Metabolic Measurement System, USA) conectado a un computador (Dell laptop modelo 800, software Ousm, Austin, Texas, USA). Los sujetos fueron sometidos a dos mediciones con intervalos de 72 horas; se consideró como VO_2 max el mayor valor alcanzado en cualquiera de las dos pruebas, siempre y cuando la diferencia entre los resultados no fuera mayor del 5%. En

dos sujetos, uno masculino y otro femenino fue necesario recurrir a una tercera prueba para lograr este criterio.

Potencia anaeróbica láctida

Se aplicó la prueba de Wingate⁽⁴⁾ en un cicloergómetro (Monark modelo 824C, Suecia), al que se incorporó un Optosensor (2000 TM, Sport Medicine Industries, Inc., USA) conectado a un computador (Dell laptop modelo 800, Software TM for DOS, USA). La potencia desarrollada se registró segundo a segundo y se promediaron los resultados cada 5 segundos. La prueba se realizó en dos oportunidades el mismo día con una diferencia en las mediciones entre 150 y 180 minutos. Se consideró como valor de potencia máxima el mejor registro promedio en cualquier lapso de 5 segundos. En ambas oportunidades esto ocurrió en los primeros 5 segundos y se tomó en cuenta el mayor valor de las dos para calificar la potencia máxima (W max y W/Kg).

El resultado promedio de toda la prueba (30 segundos) fue considerado como el valor de la potencia lactácida corta: W prom y W/Kg prom.

Potencia anaeróbica alactácida

Se aplicó la prueba del salto vertical, utilizando la fórmula de Bosco et al⁽³⁾; para determinar el desplazamiento vertical del centro de gravedad (h (m) = $t^2 \cdot 1,266$), y la fórmula de Lewis⁽²⁴⁾ modificada para calcular la potencia máxima.

$$P(W/Kg) = \left[(\sqrt{4,9 \cdot \text{Peso (Kg)} \cdot \sqrt{h} \text{ (m)} \cdot 60) \div 6,1} \right] \div PC \text{ (Kg)}$$

Se realizaron 3 saltos con impulso de brazos a intervalos de 2-3 minutos sobre una plataforma (Tapeswitch signal mat, modelo CVP 1737, Tapeswitch Corporation of America, Indiana, USA, conectado a un Switchmat-adaptor Lafayette modelo 63515-A5, USA y con un reloj cronómetro digital Lafayette modelo 54050, USA, con capacidad de registro de 1/1000 seg). Se consideró el mayor valor, como el valor de la potencia anaeróbica alactácida máxima.

Biopsia muscular

A cada ciclista se le tomó una biopsia del vasto lateral del músculo cuádriceps, previa antisepsia y con anestesia local⁽²⁵⁾. Parte de la muestra se embebió en OCT (Optimal cutting temperature, Tissue Tek, Sakura, USA), se congeló en isopentano enfriado con nitrógeno líquido y se guardó a -80°C . para su uso posterior en las reacciones histoquímicas. Se realizaron cortes de $10\ \mu\text{m}$ a -20°C . Los cortes fueron teñidos con la reacción de adenosina trifosfatasa con preincubación a diferentes pH (10,3, 4,37 y 4,6), y para la tinción de capilares con la reacción de PAS-amilasa. La otra parte de la muestra se homogenizó para la determinación de las enzimas citrato sintetasa (CS), β -hidroxilacil CoA deshidrogenasa (HAD) y deshidrogenasa láctica (LDH) por métodos fluorométricos (ver referencias en 25).

Análisis estadístico

Los resultados están expresados como promedio \pm desviación estandar. La comparación entre el

grupo de hombres y de mujeres se hizo por el método de Mann Whitney. Entre los 3 subgrupos por especialidad (fondistas, medio-fondistas y velocistas) se usó el análisis de varianza, y cuando se comparó el grupo de velocistas con el de fondistas se utilizó prueba de la "t" de Student. Las correlaciones se hicieron por el método de Pearson. El programa usado fue Statistica (Stat-Soft Inc. Tulsa, OK, USA). Se consideró significativo un nivel de $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la tabla 2 se muestran los resultados individuales de la determinación de VO_2 max, los resultados de las pruebas de Wingate y de salto vertical. Como puede verse en el grupo masculino el VO_2 max fue mayor, al igual que la actuación en la prueba de Wingate y en el salto vertical, sin embargo el índice de fatiga no difirió entre hombres y mujeres. En la tabla 3 se muestra la composición fibrilar, las áreas transversales promedio y de cada tipo de fibra y los niveles de las enzimas. La única diferencia significativa fue encontrada en el nivel de la citrato sintetasa, aunque la HAD mostró una tendencia a ser mayor en el grupo masculino ($p=0,06$), al igual que el área promedio de las fibras ($p=0,10$). En general todo el grupo tiene un nivel alto de CS excepto las dos mujeres que son velocistas. En la tabla 4 puede verse que no hubo diferencias en los índices de capilaridad entre hombre y mujeres.

En cuanto a las diferencias entre los ciclistas que practican las distintas especialidades, la Fig. 1 muestra que si bien los fondistas tienen el mayor porcentaje de fibras tipo I ($62,7 \pm 7,2\%$), éste no fue significativamente diferente del porcentaje de estas fibras en los velocistas ($56,0 \pm 7,1\%$); mientras que los mediofondistas tuvieron una menor proporción de estas fibras en comparación con los otros dos grupos ($38,8 \pm 6,7$, $p < 0,02$ con respecto a los velocistas y $p < 0,001$ en relación con los fondistas). En cuanto a la proporción de fibras IIa, estas fueron mayores en los mediofondistas ($50,3 \pm 5,4$) al compararlas con los fondistas ($32,9 \pm 9,0$, $p < 0,05$), aunque no alcanzaron el nivel de significación respecto a

HOMBRES	VO ₂ max		WINGATE				SALTO VERTICAL (W/Kg)	
	Lmin ⁻¹	mL.Kg.min ⁻¹	W max	W/Kg	W Prom.	W/Kg Prom.	IF(%)	
J.Ro	5,43	78,1	915	13,2	739	10,6	36,9	14,5
D.V.	5,11	66,8	1178	15,4	843	11,0	52,6	16,8
R.P.	4,67	62,0	951	12,6	770	10,2	39,2	14,8
J.Ra	4,31	69,5	889	14,3	630	10,2	46,6	16,3
H.M.	4,44	69,4	878	13,7	647	10,1	42,4	15,8
E.G.	4,06	65,7	952	15,4	723	11,7	47,6	16,1
J.M.	4,29	63,6	918	13,6	699	10,4	46,9	14,8
N.V.	4,02	68,7	803	13,7	661	11,3	36,5	15,5
H.Y.	3,82	65,3	787	13,2	640	10,7	42,7	14,6
Promedio (DE)	4,46 (0,53)	67,7 (4,9)	919 (113)	13,9 (0,97)	706 (70)	10,7 (0,55)	43,5 (5,4)	15,5 (0,8)
MUJERES								
Y.G.	3,22	47,1	711	10,4	585	8,6	37,2	13,1
I.O.	2,73	52,4	576	11,0	467	9,0	39,5	12,5
M.F.P..	3,14	48,4	64	19,9	449	6,9	47,4	12,6
Y.L.	2,74	50,9	560	10,4	395	7,3	51,1	12,8
M.B..	3,13	45,9	756	11,1	586	8,6	41,1	12,6
T.A.	3,40	49,0	625	9,0	470	6,8	36,6	11,7
Promedio (DE)	3,06* (0,27)	48,95* (2,40)	645* (76)	10,3* (0,77)	492* (77)	7,9* (0,9)	42,3 (6,2)	12,6* (0,5)

TABLA 2. Consumo máximo de oxígeno y potencia aeróbica y anaeróbica máximas

VO₂ max: Consumo máximo de oxígeno. V max: potencia máxima. W/Kg: potencia máxima por peso del sujeto en Kg. W prom= potencia promedio. W/kg= potencia promedio por peso del sujeto. IF=índice de fatiga. DE= desviación estandar.
* Diferencia entre hombres y mujeres p<0.002

los velocistas (34,8 ± 10,9, p=0,07). No hubo diferencias en el porcentaje de las fibras IIb entre los 3 grupos (velocistas 9,8 ± 3,5, mediofondistas 10,0 ± 9,0, fondistas 4,4 ± 6,2).

Al hacer la comparación entre los fondistas y los velocistas se encontró, como se muestra en la Fig. 2, que la CS fue mayor en los fondistas (29,24 ± 5,5 vs 18,40 ± 10,2 μmol/min.gr, p<0,05). Hubo también una mayor densidad capilar en los fondistas (417 ± 81 vs 298 ± 74, p<0,05) y un mayor número de capilares por área de fibras IIa (1,06 ± 0,16 vs. 0,80 ± 0,22, p<0,05).

En la Fig. 3 se muestra la correlación directa y significativa entre los niveles de CS y el resultado de la prueba de salto expresado como Watts/Kg (3 A) y entre esta enzima y el VO₂ max

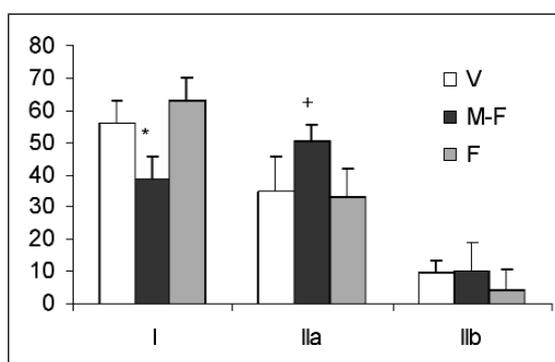
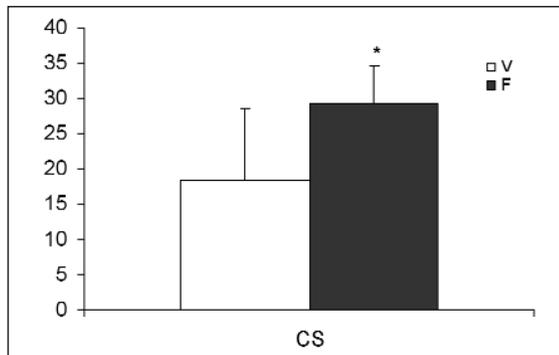


FIGURA 1. Composición fibrilar del músculo cuádriceps de ciclistas que practican distintas modalidades: V: velocistas, M-F: mediofondistas, F: fondistas. Asterisco: M-F diferente de V (p=0,02) y diferente de F (p=0,001). Cruz: diferente de F (p= 0,05).

expresado como VO₂ ml/Kg (3 B). También se encontró una relación directa significativa entre los niveles de CS y la capilaridad del músculo expresada de varios modos: con el índice capilar/fibra (r=0,57), con la densidad capilar (r=0,51) con los capilares adyacentes a las fibras tipo I (r=0,70) y con los capilares por área de las fibras tipo I (r=0,52). Entre los niveles de las dos

FIGURA 2. Niveles de la citrato sintetasa (CS) en $\mu\text{mol}/\text{min}\cdot\text{gr}$ de peso húmedo, en el músculo cuádriceps del grupo de fondistas (F) y velocistas (V).



enzimas oxidativas estudiadas CS y HAD se encontró una correlación directa ($r=0,58$).

Los niveles de la HAD se correlacionaron directamente con el VO_2 max expresado en VO_2 ml/Kg (Fig. 3 A) y como VO_2 en litros (no graficado, $r=0,57$), además con la prueba del salto

expresada como potencia promedio/Kg (Fig. 4 B), y también al expresarlo como W/Kg ($r=0,61$). Una correlación inversa fue encontrada entre los niveles de la HAD y el IMC ($r=0,53$) y con el porcentaje de grasa corporal (Fig. 4 C).

Los niveles de la enzima glicolítica LDH estuvieron directamente relacionados con los resultados de la prueba de Wingate. En la Fig. 5 se muestra la correlación con el resultado expresado como W/Kg (A) y W/Kg prom (B), pero también fue significativa con W max y con W prom ($r=0,52$ en ambas).

DISCUSIÓN

El grupo de ciclistas estudiados presentó una gran homogeneidad en sus rendimientos evalua-

TABLA 3. Tipos de fibras, Área de las fibras y niveles enzimáticos ($\mu\text{mol}/\text{min}\cdot\text{gr}$ peso húmedo)

HOMBRES	TIPO DE FIBRAS (%)				AREA (μm^2)			CS	LDH	HAD
	I	Ia	Iib	Promedio	I	Ia	Iib			
J.Ro	68	32	0	6556	6281	6407	7360	33,73	267	23,77
D.V.	62	27	11	6648	6188	7726	5295	27,03	317	15,98
R.P.	48	52	0	4435	4015	4912	–	31,76	280	19,72
J.Ra	63	29	8	9062	9089	8854	–	36,81	256	21,39
H.M.	65	34	1	7494	7656	7568	12912	31,45	182	17,42
E.G.	48	46	6	10158	10913	9809	–	27,29	307	17,22
J.M.	38	57	5	7465	7800	6584	5353	24,01	322	18,48
N.V.	62	21	17	8381	8031	9355	10474	27,93	277	22,10
H.Y.	36	45	19	10243	7813	8254	11036	14,91	196	21,44
Promedio (DE)	54 (13)	38 (12)	7 (7)	7826 (1866)	6900 (1854)	7719 (1562)	8738 (3191)	28,6 (7,0)	269 (49)	19,72 (2,6)
MUJERES										
Y.G.	52	42	6	7381	6223	9006	12077	8,50	153	10,30
I.O.	47	51	2	5446	5662	5177	5890	26,57	306	17,46
M.F.P.	67	30	3	4110	4643	3935	–	23,75	223	10,53
Y.L.	37	47	16	6360	6976	6848	5980	23,18	198	17,21
M.B.	62	24	14	6579	9871	5654	–	10,77	295	14,06
T.A.	67	33	0	8695	8027	10726	–	22,38	90	13,05
Promedio (DE)	55 (12)	38 (10)	7 (7)	6429 (1576)	7532 (1936)	6891 (2545)	7982 (3546)	19,2* (7,6)	211 (83)	13,8 (3,1)

Diferencia entre hombres y mujeres * $p<0,02$

TABLA 4. Índices de capilaridad

HOMBRES	CAPILARES /FIBRA	DENSIDAD CAPILAR (Cap/mm ²)	CAPILARES ALREDEDOR DE CADA TIPO DE FIBRA			CAPILARES POR ÁREA DE CADA TIPO DE FIBRA (por 100 µm ²)		
			I	IIa	IIb	I	IIa	IIb
J.Ro	2,52	379	6,31	6,33	5,00	1,05	0,99	0,70
D.V.	2,86	401	6,86	5,75	4,00	1,11	0,74	0,76
R.P.	2,63	593	6,68	6,44	–	1,66	1,31	–
J.Ra	3,66	405	9,60	7,50	5,50	1,06	0,85	–
H.M.	2,64	362	7,16	6,68	3,50	0,94	0,87	0,27
E.G.	2,79	273	7,00	6,33	–	0,64	0,65	–
J.M.	2,42	324	7,14	7,77	5,66	0,92	1,18	1,06
N.V.	3,05	381	7,46	7,67	6,00	0,93	0,92	0,57
H.Y.	2,29	229	5,54	5,77	4,76	0,71	0,70	0,43
Promedio (DE)	2,76 (0,4)	371 (102)	7,08 (1,1)	6,68 (0,8)	4,92 (0,9)	1,00 (0,29)	0,90 (0,22)	0,63 (0,27)
MUJERES								
Y.G.	2,50	226	4,86	7,00	4,50	0,78	0,78	0,37
I.O.	2,45	450	6,92	5,55	6,50	1,22	1,07	1,10
M.F.P.	2,30	586	6,15	5,00	3,80	0,65	0,67	–
Y.L.	2,78	438	7,30	6,60	5,30	1,05	0,96	0,89
M.B.	1,92	291	6,50	3,80	3,80	0,65	0,67	–
T.A.	3,21	365	7,00	8,20	–	0,87	0,76	–
Promedio (DE)	2,53 (0,4)	393 (127)	6,46 (0,9)	6,03 (1,6)	5,03 (1,2)	0,98 (0,27)	0,92 (0,23)	0,79 (0,38)

dos tanto desde el punto de vista aeróbico como anaeróbico, independientemente de su especialidad, encontrándose sólo diferencias significativas en el nivel de citrato sintetasa en músculo y algunos índices de capilaridad, los cuales fueron más altos, como era de esperarse, en los fondistas. De hecho JRo, quien es el mejor fondista del grupo tuvo el mayor VO₂ max, los niveles más altos de enzimas oxidativas, tanto la CS como la HAD y tiene la mayor proporción de fibras tipo I. En el grupo de sexo femenino, las velocistas YG y MB mostraron los niveles más bajos de CS y la mejor actuación en las pruebas anaeróbicas, sin embargo sólo una de ellas presentaba un predominio de fibras tipo II.

Es de hacer notar que todo el grupo dedica una parte importante de su tiempo de entrenamiento al trabajo aeróbico, con una demarcación más estricta en las actividades anaeróbicas, circunscribiéndose al período preparatorio específico y al período

de competencias como tal, que como se sabe, ocupan un tiempo limitado en el plan anual de entrenamiento. Llama la atención que dos de los mediofondistas (JK y HY) tengan un franco predominio de fibras tipo II, a favor de las IIa, aunque uno de ellos (HY) tenga una proporción alta de fibras tipo IIb, lo cual teóricamente pudiera enmarcarlo en lo que se esperaría de un velocista. En el caso de un velocista (DV), destaca el hecho de que habiendo obtenido los mejores rendimientos en la pruebas anaeróbicas, tenga un franco predominio de fibras tipo I, niveles enzimáticos aeróbicos elevados e índices de capilaridad altos.

Hay algunas correlaciones directas encontradas que son esperables, como las de la enzima glicolítica LDH con el resultado de la prueba de Wingate. Asimismo las de la CS y HAD con el VO₂ max, y las de ambas enzimas entre sí. Igualmente las correlaciones entre la CS y los índices de capilaridad. La relación inversa de la HAD, la cual parti-

FIGURA 3. A. Correlación entre los niveles de citrato sintetasa (CS) y el resultado de la prueba de salto en Watts/Kg. **B.** Correlación entre los niveles de la CS y el consumo máximo de oxígeno expresado en mL/Kg.

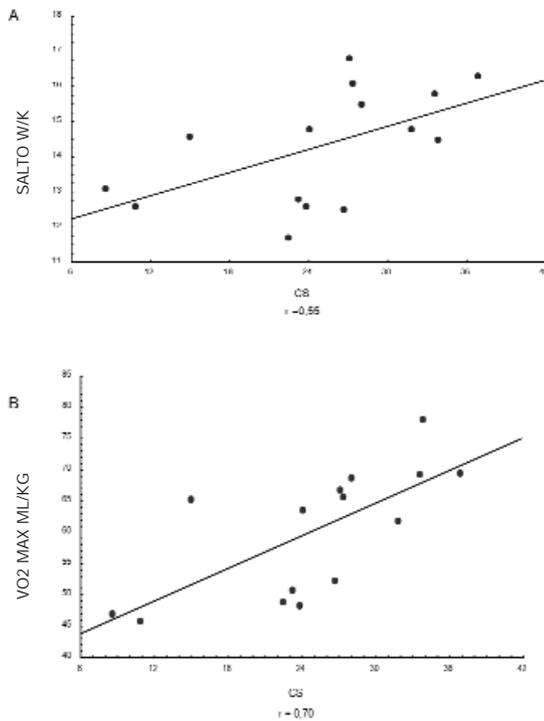
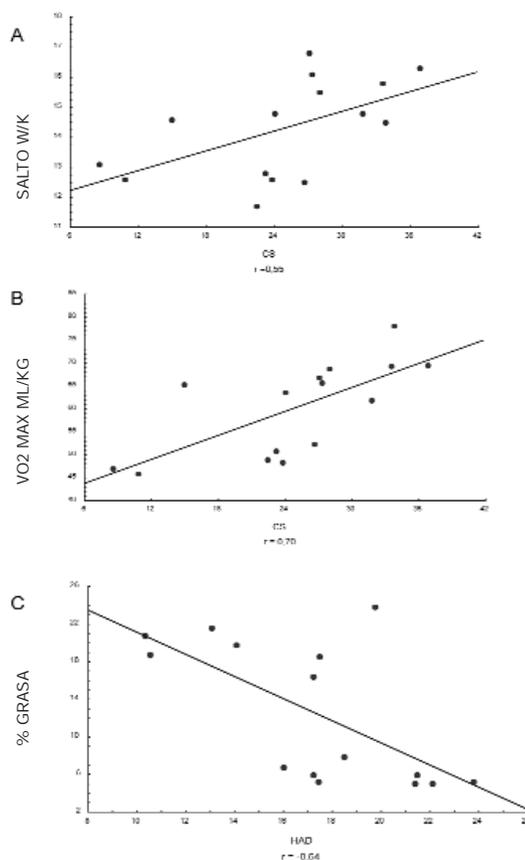


FIGURA 4. A. Correlación de la β -hidroxiacil-CoA-deshidrogenasa (HAD) y el consumo máximo de oxígeno expresado ml/kg. **B.** Correlación de la HAD con la prueba del salto en Watts promedio/Kg. **C.** Correlación inversa de la HAD con el Índice de Masa Corporal (IMC).



cipa en la β -oxidación de los ácidos grasos, con el IMC y con el porcentaje de grasa de los ciclistas, explica una mayor utilización de esta última. No resulta tan claro porqué se encontró una correlación entre los niveles de la CS y la HAD con la prueba del salto, ni la de la HAD con algunos de los resultados de la prueba de Wingate.

El presente estudio tiene la limitación del número de ciclistas estudiados, ya que al dividirlos por especialidad, los que son velocistas y mediofondistas son muy pocos, y además que en algunos parámetros hay grandes diferencias debidas al sexo, no permitiendo caracterizar al grupo por especialidad.

Podríamos concluir que en los ciclistas, al menos en el presente estudio, la influencia del tipo de entrenamiento que se realiza a lo largo del año tiene un peso mayor que el fenotipo fibrilar en su actuación deportiva. Esto es diferente a los atletas de pista y campo, en los que se encuentra una mejor correlación entre el tipo de fibra y el rendimiento en su respectiva especialidad⁽²⁴⁾.

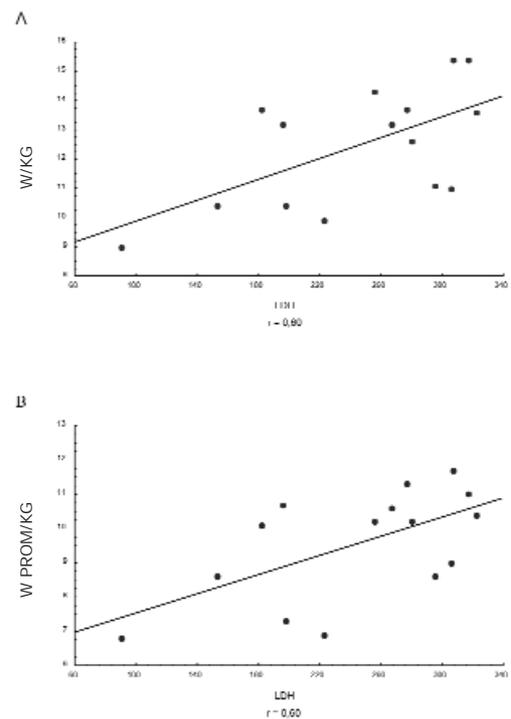


FIGURA 5. A. Correlación de la lactato deshidrogenasa (LDH) con los resultados de la prueba de Wingate en Watts/Kg. **B.** Correlación de la LDH con los resultado de la prueba de Wingate expresada en Watts promedio/Kg.

B I B L I O G R A F Í A

1. **Margarita R, Aghemo P, Rovelli E.** Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. Physiol.* 1966;21:1662-1664.
2. **Kalamen J.** Measurement of maximum muscular power in man. Doctoral dissertation. The Ohio State University, USA. 1968.
3. **Bosco C, Luhtanen P, and Komi PV.** A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1983;50: 273-282.
4. **Bar-Or O.** 1987. The Wingate anaerobic tests an update on methodology, reliability and validity. *Sports Med.* 1987;4: 381-394.
5. **Lucía A, Hoyos J, Chicharro JL.** The slow component of VO_2 in professional cyclists. *Br. J. Sports Med.* 2000; 34:367-374.
6. **Wilmore JM, Costill DL.** Fisiología del esfuerzo y del deporte. Editorial Paiditribo. Barcelona, 1998, p. 233.
7. **Coyle EF.** Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. *J. Appl. Physiol.* 2005;98:2191-2196.
8. **Hollmann W, Hettinger T.** Medicina de Esporte. Editora Manole. Sao Paulo, 1983, p. 579.
9. **Mader A, Heck H.** A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold". *Int. J. Sports Med.* 1986;7:45-65, suppl.
10. **Sjodin B, Jacobs I.** 1981. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 1981; 2:23-26.
11. **Coyle EF, Coggan AR, Hopper MK, Walters TJ.** 1988. Determinants of endurance in well trained cyclists. *J. Appl. Physiol.* 1988;64:2622-2630.
12. **Coyle EF, Feltner ME, Kautz SA, Hamilton MT, Montain SJ, Baylor AM, Abraham LD, Petrek, GW.** Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1991;23:93-107.
13. **Hansen EA, Andersen JL, Nielsen JS, Sjogaard G.** Muscle fibre type, efficiency and mechanical optima affect freely chosen pedal rate during cycling. *Acta Physiol. Scand.* 2002;176:185-194.
14. **Coyle EF, Sidossis LS, Horowitz JF, Beltz JD.** Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992;24:782-78.
15. **Rodriguez LP, López-Rego J, Calbet JA, Valero R, Varela E, Ponce J.** Effects of training status on fibers of the musculus vastus lateralis in professional road cyclists. *Am. J. Phys. Med Rehab.* 2002;81:651-660.
16. **Di Prampero PE, Piñera Limas F, Sassi G.** Maximal muscular power, aerobic and anaerobic, in 116 athletes performing at the XIXth olympic games in México. *Ergonomics* 1970;13: 665-674.
17. **Bar-Or O, Dotan R, Inbar A, Rotstein J, Karlsson J, Tesch, P.** Anaerobic capacity and muscle fiber type distribution in man. *Int. J. Sports Med.* 1980; 1: 82-92.
18. **Thorstensson A, Karlsson J.** Fatiguability and fibre composition in human skeletal muscle. *Acta Physiol. Scand.* 1976;98:318-322.
19. **Costill DL, Daniels J, Evans W, Finh G, Krahenbuhl G, Saltin B.** Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *J. Appl. Physiol.* 1976; 40:149-154.
20. **Komi PV, Rusko H, Vos J, Vihko V.** Anaerobic performance capacity in athletes. *Acta Physiol. Scand.* 1977;100:107-114.
21. **Thorstensson A, Sjodin B, Karlsson J.** Enzyme activities and muscle strength after "sprint training" in man. *Acta Physiol. Scand.* 1975;94:313-318.
22. **Durnin JVGA, Womersley J.** Body fat assessed from total body density and its estimation from skin-fold thickness measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.* 1974;32:77-97.

23. **Karvonen M, Kentala E, Muskala O.** The effects of training on heart rate. *Ann. Med. Exper. Fenn*, 1957;35:307-315.
24. Lewis Nomogram for determining anaerobic power from jump-reach score and body weight. En Mathews DK, Fox EL. *The physiological basis of physical education and athletics*. W. B. Saunders Co. Philadelphia, 1976, p. 500.
25. **Torres SH, Mijares H, Hernández N, Rivas M, Garmendia J, Kaswan D.** La biopsia muscular como ayuda para la orientación del entrenamiento de atletas. *Archivos de Medicina del Deporte*. 1989;6:153-158.

Correspondencia:

José Subiela c/o Sonia H. Torres.

Instituto de Medicina Experimental, Apdo. 50587 Sabana Grande. Caracas 1050, Venezuela

E-mail: heckers@camelot.rect.ucv.ve

Aceptado: ??-??-?? / Original n° ???