

Estudio de las modificaciones hematológicas en una población adolescente con diferente edad y grado de entrenamiento

Ramón José Nuviala Mateo*, Blanca Elboj López*, María Gloria Lapieza Lainez**, Armando Giner Soria*

* Departamento de Bioquímica Clínica. Hospital Clínico Universitario de Zaragoza

** Departamento de Bioquímica y Fisiología. Facultad de Medicina de Zaragoza

RESUMEN

Un grupo de 70 adolescentes sanos de ambos sexos con edades entre 10 y 16 años y distinto grado de entrenamiento fueron sometidos a una prueba cicloergométrica continua. En las muestras sanguíneas pre y postejercicio fue determinado el valor hematocrito, la hemoglobina, las concentraciones de hematies, leucocitos y plaquetas, los índices hematológicos y las proteínas totales. Se hallaron diferencias significativas en el grupo de varones mayores para las proteínas totales ($p < 0,01$) y las plaquetas ($p < 0,01$) tras el ejercicio e igualmente descensos manifiestos del volumen plasmático tanto en varones (-4,7%) como en chicas (-4,9%). Aún siendo estos cambios los mismos que en adultos su intensidad va a depender de la capacidad de trabajo del sujeto y ésta a su vez de la edad, sexo y grado de entrenamiento.

Palabras clave

Adolescentes. Prueba cicloergométrica. Volumen plasmático.

Introducción

Es ampliamente conocido que el ejercicio y en particular el trabajo aerobio de larga duración provoca cambios hematológicos en el deportista adulto.⁵ Menos conocidos son sin embargo los

cambios hematológicos que tienen lugar en las poblaciones infantiles.¹⁰

El objeto del presente trabajo es el conocimiento de estos posibles cambios, para lo cual se han estudiado dos poblaciones infantiles de diferente edad y grado de entrenamiento y comparado sus resultados con arreglo al protocolo que se describe a continuación.

Material y métodos

La población estudiada la componían 70 adolescentes sanos distribuidos en dos grupos:

- Grupo I: 22 niños y 17 niñas de 10 y 11 años de edad que se iniciaban en la práctica deportiva.
- Grupo II: 19 varones y 12 chicas de 14 a 16 años de edad que participaban en un programa de entrenamiento atlético de forma continua y regular desde los 10 años, con una duración aproximada de 8 horas semanales.

Tras una extracción sanguínea basal fueron sometidos a una prueba cicloergométrica continua con una carga inicial de 25 vatios e incrementos de 25 vatios cada 3 minutos en un cicloergostato modelo Prof. Fleisch (Metabo). La prueba se dio por concluida cuando alcanzaban una frecuencia cardíaca equivalente a un 90-95% de su teórica frecuencia máxima (220-edad) o al llegar al agotamiento muscular siéndoles imposible seguir pedaleando. A los 6 minutos de haber concluido la prueba fue realizada una nueva extracción.

Cada muestra se repartió en dos lotes uno con EDTA-K₃ como anticoagulante y otro en tubo en vacío. En las muestras de sangre tratadas con

anticoagulante fueron determinados: 1) el valor hematocrito (Hto) por triplicado con una centrifuga de microhematocritos y los valores obtenidos multiplicados por 0,96 para la corrección del volumen de plasma atrapado, 2) la hemoglobina (Hb) con el método de la cianometamoglobina adaptado al autoanalizador hematológico H-6000 (Technicon) según FELLINGHAM,⁹ 3) las concentraciones de hematies, leucocitos y plaquetas según los métodos de STURGEON y McQUISTON,¹⁷ SAUNDERS y col.¹³ y BRITTEN y col.⁴ respectivamente, utilizándose el mismo autoanalizador hematológico, y a partir de los valores obtenidos para los hematies, Hto y Hb fueron calculados los índices hematológicos: volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM).¹

Del tubo en vacío fue obtenido suero determinándose las proteínas totales con el método de biuret adaptado a un autoanalizador multicanal de flujo continuo SMA II-C (Technicon) según SKEGGS y HOCHSTRASSER.¹⁵

Para el cálculo de los cambios proporcionales en el volumen plasmático se ha aplicado la ecuación propuesta por van BEAUMONT¹ a partir de los cambios ocurridos en el Hto.

En el tratamiento estadístico se utilizó el test de significación de Student.

Resultados

Las características físicas de los grupos estudiados así como el tiempo de duración de la prueba cicloergométrica figuran en la tabla 1. Como puede verse el tiempo medio de pedaleo en el grupo de los mayores (grupo II) es bastante superior al de los pequeños (grupo I) y dentro de cada grupo también es mayor para los varones.

En el grupo de los pequeños las variaciones del Hto y Hb tras el esfuerzo, con respecto a los valores basales, no son significativas tanto en valores absolutos como porcentualmente, considerando los valores basales como el 100% (tabla II). Con respecto a las proteínas totales se observa un ligero aumento porcentual en los niños pequeños (2,6%), siendo este menor en las niñas (1,4%). El volumen plasmático sufre variaciones mínimas, con un ligero incremento en los varones (1,0%).

En el grupo de los mayores entrenados, las variaciones son algo superiores para el Hto y la Hb. Las proteínas totales sufren un incremento porcentual del 5%, que es estadísticamente significativo ($p < 0,01$) en los varones, mientras en las chicas el incremento es algo inferior (4,1%). En cuanto al volumen plasmático se aprecia un descenso prácticamente similar en varones (-4,7%) y en chicas (-4,9%).

Los índices hematológicos calculados VCM, HCM, CHCM (figura 1) sufren variaciones insignificantes en todos los grupos analizados e incluso en algún caso los valores postejercicio son idénticos a los basales.

Las concentraciones de hematies y leucocitos sufren un ligero descenso en los niños y niñas pequeños mientras las plaquetas experimentan un ligero aumento sin apreciarse en ninguno de los casos diferencias estadísticamente significativas (figura 2). En el grupo de los mayores entrenados se encontraron incrementos generalizados en todos los recuentos que eran únicamente significativos para las plaquetas en los varones ($p < 0,01$).

Discusión

En el grupo de niños pequeños se han encon-

	Edad	Peso (Kg)	Altura (cm)	T. Trabajo (min)
GRUPO I				
Varones (n=22)	10,7 ± 0,2	37,9 ± 5,0	149,3 ± 5,7	12,8 ± 1,8
Hembras (n=17)	10,6 ± 0,3	36,2 ± 4,1	148,7 ± 4,7	10,0 ± 2,2
GRUPO II				
Varones (n=19)	14,9 ± 0,4	60,6 ± 7,2	170,9 ± 6,7	22,3 ± 2,8
Hembras (n=12)	14,7 ± 0,4	55,5 ± 5,9	161,1 ± 6,1	17,3 ± 1,7

Tabla 1: Características físicas y tiempo de trabajo de los diferentes grupos ($\bar{x} \pm 1 \sigma$).

	Hematocrito (%)			Hemoglobina (g/dl)			Proteínas Totales (g/dl)			V.P.
	Pre	Post	Δ%	Pre	Post	Δ%	Pre	Post	Δ%	Δ%
GRUPO I										
Varones	37,8 ± 1,6	37,6 ± 1,4	-0,5	13,7 ± 0,7	13,6 ± 0,7	-0,6	6,9 ± 0,4	7,1 ± 0,2	2,6	1,0
Hembras	36,9 ± 2,2	36,9 ± 1,8	0,1	13,2 ± 0,8	13,1 ± 0,7	-0,5	7,0 ± 0,5	7,1 ± 0,4	1,4	0,1
GRUPO II										
Varones	41,9 ± 2,0	43,0 ± 2,1	2,8	14,6 ± 1,0	15,0 ± 0,8	2,9	7,3 ± 0,2	7,7 ± 0,2**	5,0	-4,7
Hembras	38,2 ± 1,7	39,4 ± 1,7	3,1	13,2 ± 0,9	13,5 ± 0,8	2,5	7,2 ± 0,4	7,5 ± 0,3	4,1	-4,9

Tabla 2: Valores promedio del hematocrito, hemoglobina, proteínas totales y volumen plasmático (V.P.) antes y después del ejercicio ($\bar{x} \pm 1 \sigma$) (test de Student:** $p < 0,01$).

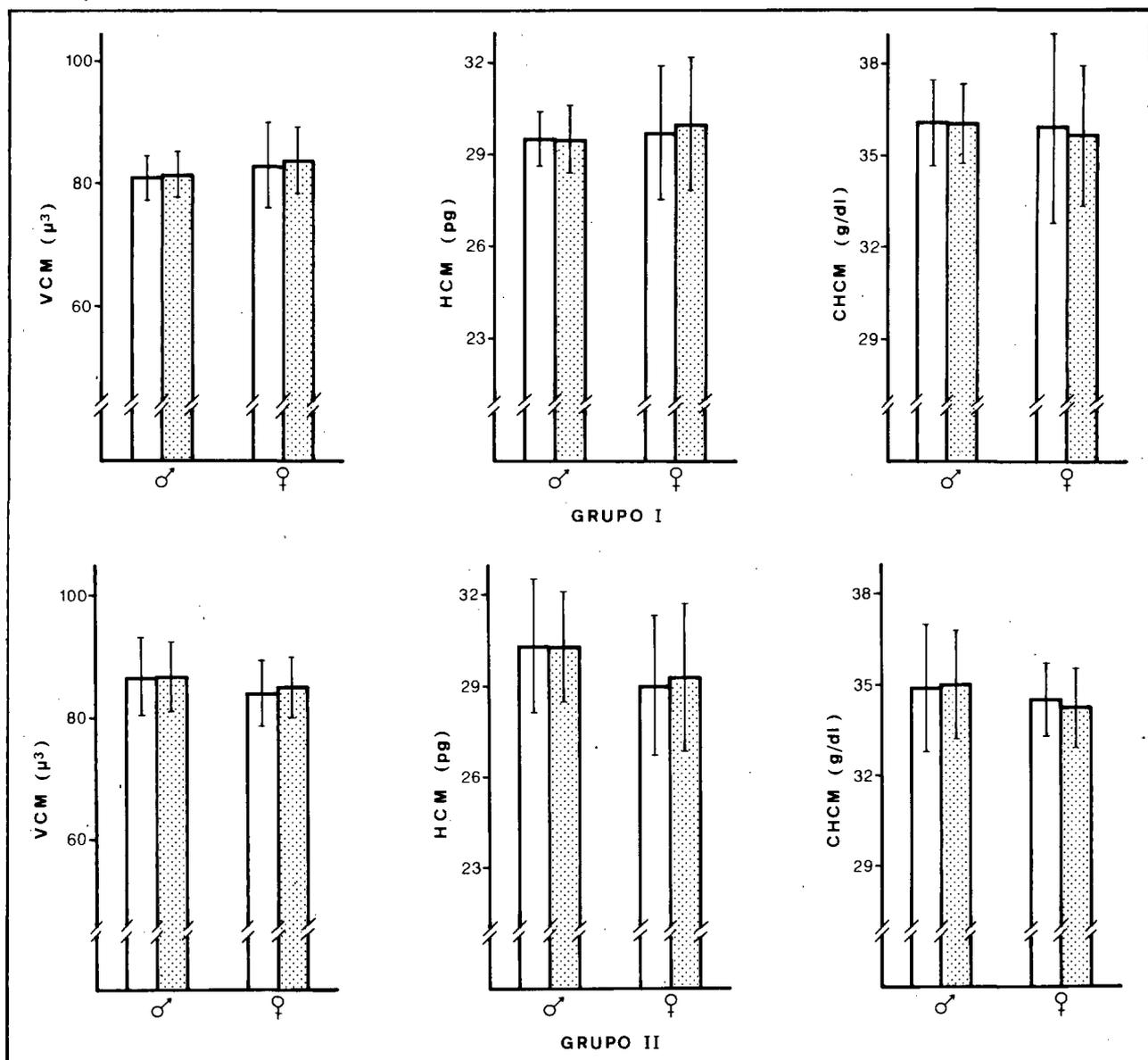


Fig. 1: Valores promedio del VCM, HCM y CHCM antes y después del ejercicio ($\bar{x} \pm 1 \sigma$).

trado en ambos sexos valores basales muy semejantes para el Hto y la Hb. No ocurre lo mismo en el grupo de niños mayores donde se ponen de manifiesto diferencias, con valores superiores en los varones, descritas normalmente a partir del inicio de la pubertad.¹²

Tras el ejercicio las variaciones en los pequeños no son significativas, mientras que en los mayores aún encontrando incrementos alrededor de un 3%, son inferiores a los referidos por NOVOSADOVA,¹¹ en adultos jóvenes a los 5 minutos

de concluida una prueba cicloergométrica máxima siendo el incremento del 6,9% para el Hto y del 7,6% para la Hb y superiores a los hallados por la misma autora tras una prueba submáxima (al 67% de su $VO_{2m\acute{a}x}$) para el Hto (1,2%). Igualmente son bastante inferiores a los hallados por SPITLER y col.¹⁶ en adultos refiriendo incrementos del 10% para el Hto y del 12% para la Hb inmediatamente después de una prueba cicloergométrica máxima continua. Las diferencias de estos autores con nuestros resultados pueden ser atribuidas al dis-

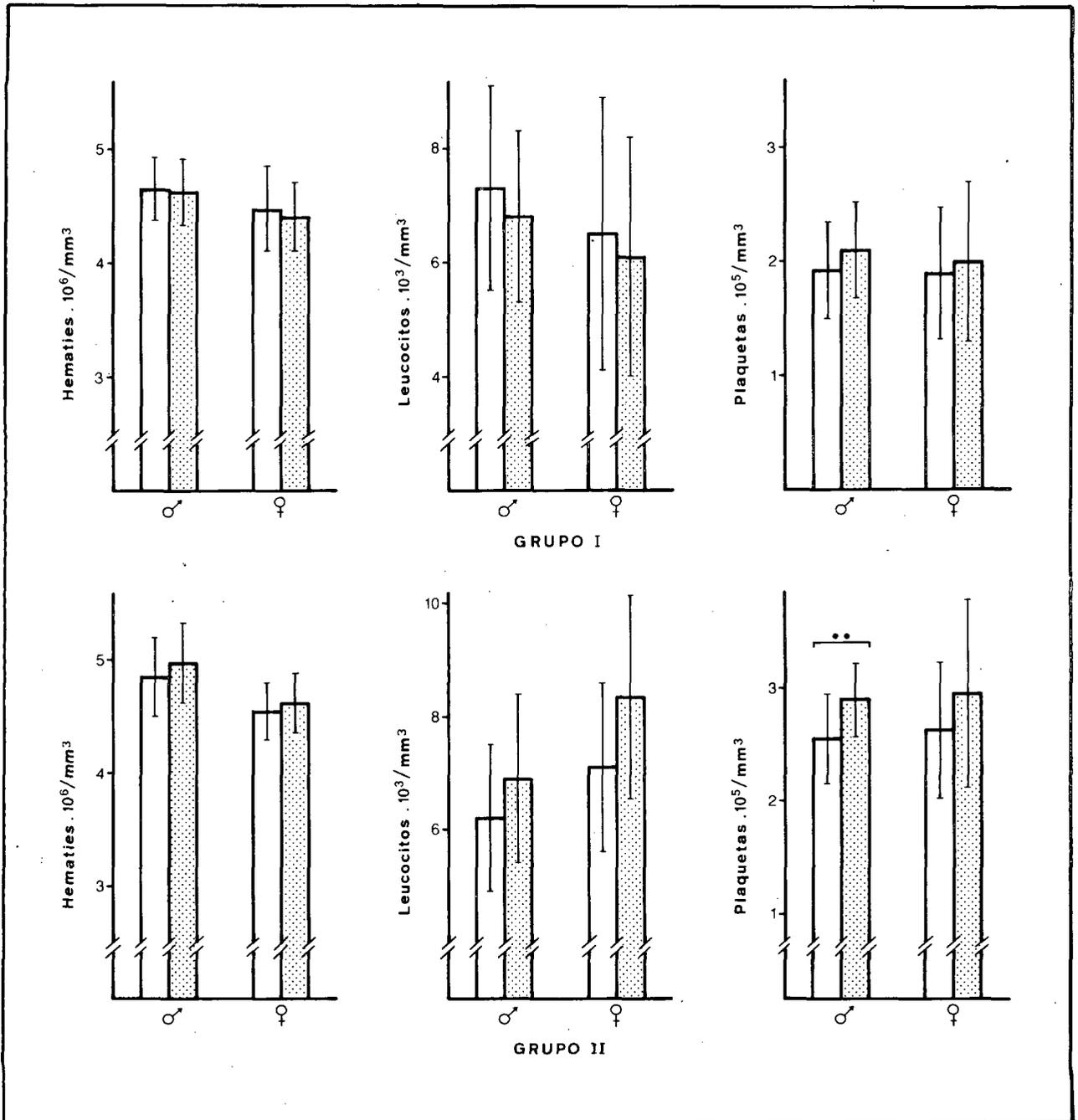


Fig. 2: Valores promedio de hematies, leucocitos y plaquetas antes y después del ejercicio ($\bar{x} \pm 1 \sigma$) (test de Student: **p < 0,01).

tinto tiempo de duración del trabajo y a su mayor cuantía más que a la diferencia de edad.

Las proteínas totales experimentan modificaciones paralelas a las del Hto y Hb, pero con incrementos superiores en ambos grupos. Las diferencias significativas halladas en los varones mayores también deben ser atribuidas a la mayor duración del trabajo realizado por este grupo. Los incrementos porcentuales que hemos hallado para las proteínas totales son inferiores a los hallados por NOVOSADOVA¹¹ tras un ejercicio máximo (11,3%), y superiores, sobre todo en el grupo de los mayores, a los descritos por la misma autora tras un ejercicio submáximo (0,4%).

Con el cálculo de las variaciones del volumen plasmático, van BEAUMONT y col.² demostraron que tras un ejercicio máximo o submáximo prolongado, la correlación entre las variaciones del volumen plasmático medidas de forma directa por medio de isótopos (I-131) y calculadas a través de los cambios del Hto era buena, existiendo mayores desacuerdos a nivel individual. Por otra parte los cambios del Hto eran siempre menores que los producidos en el volumen plasmático, estando estos últimos más de acuerdo con las variaciones de las proteínas plasmáticas. Así pues las variaciones del Hto servirían para valorar los cambios de volumen plasmático, aún teniendo en cuenta las insinuaciones de FOWLER y col.⁹ y de SIEST y GALTEAU¹⁴ en el sentido de la posible hemólisis que se podría producir durante el ejercicio. Nuestros resultados estarían de acuerdo con lo propuesto por van BEAUMONT y col.² en la población de niños mayores en la que el trabajo ha sido más prolongado, mientras que en la población de pequeños las discretas variaciones no serían

comparables.

En desacuerdo con el cálculo de las variaciones del volumen plasmático a partir exclusivamente de las modificaciones del Hto, otros autores^{6,7} valoran estas modificaciones a partir de los cambios del Hto y la Hb, hallando descensos mayores del volumen plasmático, tanto en situaciones de deshidratación como tras ejercicios máximos o submáximos, que los expuestos por van BEAUMONT¹, pero estando en discordancia con los cambios sufridos por las proteínas plasmáticas. De cualquier forma la disminución del volumen plasmático sugiere, tal como exponen van BEAUMONT y col.,³ un incremento temporal del volumen de líquido intersticial más que una pérdida real del fluido plasmático.

En relación al incremento del número de plaquetas encontrado, concuerda con los resultados de WARLOW y OGSTON,¹⁸ quienes encuentran diferencias significativas tras 15 minutos de esfuerzo, considerando que no son exclusivamente atribuibles a la hemoconcentración sino que habría también una movilización a nivel de bazo, pulmón u otros órganos, pero sin estar demasiado aclarada esta procedencia.

En resumen parece claro que en los niños se producen los mismos cambios hematológicos que en el adulto pero que no pueden ponerse en evidencia si no es con un trabajo suficiente, y para alcanzar estos niveles de trabajo se requiere una mayor capacidad que vine determinada por la edad, sexo y grado de entrenamiento.

Agradecimientos: Al Centro de Iniciación Técnico-Deportiva de Aragón (CITDA) por las facilidades prestadas para la realización del presente trabajo.

Bibliografía

1. BEAUMONT, W. van: Evaluation of hemoconcentration from hematocrit measurements. *J. Appl. Physiol.* 32/5: 712-713, 1972.
2. BEAUMONT, W. van; GREENLEAF, J.E.; JUHOS, L.: Disproportional changes in hematocrit, plasma volume, and proteins during exercise and bed rest. *J. Appl. Physiol.* 33/1: 55-61, 1972.
3. BEAUMONT, W. van; STRAND, J.C.; PETROFSKY, J.S.; HIPSKIND, S.G.; GREENLEAF, J.E.: Changes in total plasma content of electrolytes and proteins with maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 34/1: 102-106, 1973.
4. BRITTEN, G.M.; DEW, S.A.; FEWELL, E.K.: Automated optical counting of blood platelets. *Blood* 38/4: 422-430, 1971.
5. CASONI, I.; BORSETTO, C.; CAVICCHI, A.; MARTINELLI, S.; CONCONI, F.: Reduced hemoglobin concentration and red cell hemoglobinization in italian marathon and ultramarathon runners. *Int. J. Sports Med.* 6/3: 176-179, 1985.
6. COSTILL, D.L.; BRANAM, L.; EDDY, D.; FINK, W.: Alterations in red cell volume following exercise and dehydration. *J. Appl. Physiol.* 37/6: 912-916, 1974.
7. DILL, D.B.; COSTILL, D.L.: Calculation of percentage

- changes in volumes of blood, plasma, and red cell in dehydration. *J. Appl. Physiol.* 37/2: 247-248, 1974.
8. FELLINGHAM, F.: Comparison of SMA 4 with manual methods. En: Automation in Analytical Chemistry, Technicon Symposia, Vol. 2, White Plains, New York, Mediad, Inc. 1968, pp 57-61.
 9. FOWLER Jr., W.M.; GARDNER, G.W.; KAZERUNIAN, H.H.; LAUVSTAD, W.A.: The effect of exercise on serum enzymes. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 40/10: 554-565, 1968.
 10. MACEK, M.; VAVHA, J.; NOVOSADOVA, J.: Prolonged exercise in prepubertal boys. II Changes in plasma volume and in some blood constituents. *Eur. J. Appl. Physiol.* 35: 299-303, 1976.
 11. NOVOSADOVA, J.: The changes in hematocrit, hemoglobin, plasma volume and proteins during and after different types of exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 36: 223-230, 1977.
 12. PIE, A.: Funciones de la sangre. En: Fisiologia Humana, Tomo I. Ed. Anatole, Zaragoza, 1972, pp 171.
 13. SAUNDERS, A.M.; GRONER, W.; KUSNETZ, J.: A rapid automatic system for differentiating and counting white blood cells. En: Advances in Automated Analysis, Technicon International Congress, Vol. I. Miami Florida, Thurman Associates, 1971, pp 453.
 14. SIEST, G.; GALTEAU, M.M.: Variations of plasmatic enzymes during exercise. *Enzyme* 17: 179-195, 1974.
 15. SKEGGS, L.T.; HOCHSTRASSER Jr., H.: Multiple automatic sequential analyses. *Clin. Chem.* 10: 918-936, 1964.
 16. SPITLET, D.L.; ALEXANDER, W.C.; HOFFLER, G.W.; DOERR, D.F.; BUCHANAN, P.: Haptoglobin and serum enzymatic response to maximal exercise in relation to physical fitness. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16/4: 366-370, 1984.
 17. STURGEON, P.; McQUISTON, D.T.: A fully automated system for the simultaneous determination of whole blood red cell count and hemoglobin content. *Am. J. Clin. Pathol.* 43: 517-531, 1965.
 18. WARLOW, C.P.; OGSTON, D.: Effect of exercise on platelet count, adhesion and aggregation. *Acta Haemat.* 52: 47-52, 1974.