

Consecuencias del descanso estival sobre el rendimiento de jóvenes deportistas

J.A. CADEFAU, J. PARRA, N. AMIGÓ¹, I. FERRER², N. TERRADOS³ & R. CUSSÓ*

Unidad de Bioquímica. Facultad de Medicina. Universidad de Barcelona.

¹Servicio de Medicina Deportiva del RCD Espanyol. Barcelona.

²Servicio de Anatomía Patológica. Hospital Prínceps d'Espanya. L'Hospitalet de Llobregat.

³Servicio de Medicina Deportiva Municipal de Avilés. Asturias.

* CORRESPONDENCIA

Dra. Roser Cussó
Unidad de Bioquímica. Facultad de Medicina.
Universidad de Barcelona.
C/ Casanova 143. 08036 Barcelona.
Tel: 402-19-19 – Fax: 403-52-60
email: cusso@medicina.ub.es

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 1998; 129: 5-10

SUMMARY. BASIS: In all sporting schedules, and particularly in the case of young people, the summer rest period between seasons eluded trainers' control. The aim of this work was to study the effect of some weeks of rest on three groups of young footballers who had trained for one season (11 months). **METHOD:** Based on muscular biopsies conducted before and after the summer break, biochemical and histological parameters could be measured, which were correlated with the evolution of sporting performance. **RESULTS:** We observed an area loss in the type I and type II fibres and a decrease in the activity of creatine kinase, citrate synthase, phosphofructokinase, lactate dehydrogenase and aspartate aminotransferase. Sporting performance was also evaluated using a 35-metre running test and a Navette race. **CONCLUSIONS:** The summer break altered the season muscular pattern to conditions that made it possible to maintain anaerobic capacity, demonstrated by consistent results in the 35-metre run, but with a deterioration in aerobic capacity because all the groups deteriorated significantly as can be seen in the results of the Navette race.

KEY WORDS: adolescent, aerobic training, glycogen metabolism, glycolysis and muscular biopsies.

RESUMEN. FUNDAMENTOS: En toda programación deportiva, y particularmente en el caso de los jóvenes, el período de descanso estival entre temporadas escapó del control de los entrenadores. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de algunas semanas de descanso en tres grupos de jóvenes jugadores de fútbol que habían entrenado durante una temporada (11 meses). **MÉTODO:** A partir de biopsias musculares efectuadas antes y después del descanso estival se pudieron medir parámetros bioquímicos e histológicos que fueron correlacionados con la evolución del rendimiento deportivo. **RESULTADOS:** Se observó una pérdida de área en las fibras del tipo I y las del tipo II, así como un descenso en la actividad de la creatina quinasa, citrato sintasa, fosfofructoquinasa, lactato deshidrogenasa y aspartato aminotransferasa. El rendimiento deportivo fue también evaluado mediante un test de carrera de 35 metros y una cursa Navette. **CONCLUSIONES:** El descanso estival alteró el patrón muscular de temporada hacia unas condiciones que permitían mantener la capacidad anaeróbica, mostrada por un mantenimiento de los resultados a la carrera de 35 metros, pero con un deterioro de la capacidad aeróbica porque todos los grupos empeoraron de manera significativa tal y como se puede observar con los resultados de la cursa Navette.

PALABRAS CLAVE: adolescente, entrenamiento aeróbico, metabolismo del glicógeno, glicólisis y biopsias musculares.

INTRODUCCIÓN

La adaptación muscular a un entrenamiento deportivo depende del tipo de entrenamiento, de su intensidad y de su duración, así como de la edad del atleta. Parece claro que el entrenamiento de resistencia induce a cambios bioquímicos y morfológicos en las fibras musculares que consisten en un incremento en la producción de energía a través del metabolismo oxidativo.^{1,2,3} Respecto al entrenamiento de velocidad, no está tan claro que haya un incremento en las actividades de los enzimas glicolíticos.⁵ Desgraciadamente existe mucha menos información respecto al metabolismo energético en el músculo de los niños o de los adolescentes y sus modificaciones originadas por el entrenamiento y por el desentrenamiento.^{6,7} Es un hecho asumido que los jóvenes tienen una baja capacidad glicolítica muscular como consecuencia de una baja actividad del enzima fosfofructoquinasa (PFK),^{8,9} paso limitante de la glicólisis. Pero algunos autores han mostrado que la mayoría de diferencias entre los jóvenes y los adultos desaparecen cuando los chicos entrenan de manera exhaustiva.¹⁰

Se dispone de poca información sobre el efecto del descanso. Únicamente Fournier y cols¹¹ han señalado que las actividades PFK y succinato deshidrogenasa (SDH) que el entrenamiento había hecho subir en un grupo de chicos de 16-17 años, han vuelto a los valores previos al entrenamiento después de 6 meses de descanso. Esta parada de la actividad es demasiado larga para corresponder a lo que usualmente se entiende como período de descanso estival de los atletas. El propósito de este estudio ha sido establecer una relación entre los cambios en el rendimiento deportivo, el tipo de fibra muscular y los enzimas implicados en el metabolismo aeróbico y anaeróbico como consecuencia del descanso estival de tres grupos de jóvenes deportistas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

37 jóvenes jugadores de fútbol participaron en este estudio de manera voluntaria una vez terminada su temporada de entrenamiento. Todos fueron totalmente informados de los

detalles y de las posibles complicaciones asociadas al experimento. Tanto los padres como los instructores, que también fueron informados, dieron su consentimiento por escrito. Se dividió a los jugadores en tres grupos por edad (Tabla I). Todos llevaron durante una temporada un entrenamiento orientado a desarrollar la fuerza, la resistencia y la velocidad. Al final de la temporada, se extrajo aproximadamente 30 mg de tejido muscular del Vastus Lateralis con la técnica de aguja.¹² La primera biopsia de cada chico se extrajo el mes de julio, 48 horas después de terminar el entrenamiento y la segunda algunas semanas después según el tiempo de descanso del que dispuso cada grupo (Tabla I).

Descanso estival

La distribución del tiempo fue diferencial según el grupo de jóvenes (Tabla I). Durante este tiempo, los chicos no realizaron ningún tipo de entrenamiento programado y tampoco practicaron ningún deporte de manera competitiva.

Programa de entrenamiento

El entrenamiento duró desde el mes de septiembre hasta julio del año siguiente y el período de competición se prolongó desde noviembre hasta final de temporada. El entrenamiento consistía en hacer ejercicios técnicos, tácticos y de preparación física. La preparación física fue elaborada por una mezcla de ejercicios aeróbicos y anaeróbicos divididos en dos fases. La primera fase se dirigió hacia una preparación genérica y duró 5 meses. La segunda duró 6 meses y su objetivo fue de mejorar la fuerza, la velocidad y la resistencia durante la competición. Los chicos entrenaban 4 días y disputaban un partido a la semana. El entrenamiento fue el mismo para todos los chicos (Tabla II). Se evaluó el rendimiento deportivo al terminar la temporada de entrenamiento y después del descanso estival con una carrera de 35 metros a máxima velocidad y una cursa Navette.

Medidas histológicas

Se extrajeron dos piezas de tejido muscular por cada biopsia. Se congeló una parte en nitrógeno para hacer deter-

Tabla I Características morfométricas de los chicos antes y después del descanso.

Grupos de edades	Nº chicos	Descanso (semanas)	Peso (Kg)		Altura (cm)	
			Antes Desc.	Desp. Desc.	Antes Desc.	Desp. Desc.
14	14	8	56.4 ± 5.0	57.2 ± 5.1*	166.8 ± 5.7	168.8 ± 5.6*
15	16	4	63.4 ± 6.0	64.2 ± 6.0	173.7 ± 6.2	174.5 ± 6.4*
16	7	6	69.6 ± 10.6	69.4 ± 10.5	177.1 ± 7.2	177.4 ± 7.5

Los valores están expresados como medias ± SD. *P<0.05

Tabla II Programa de entrenamiento.

Sistema energético predominante	Tipos de ejercicio	Volumen de trabajo*	Intensidad del ejercicio (%)
Sistema anaeróbico			
Potencia	Multisaltos	1550 botes	98-100
	Velocidad y explosividad (20-40 m sprint)	14 km	90-100 90-100
Capacidad	Carreras de 100-150 m	22 km	
	Velocidad (60-100 m sprint)	44 km	90
	Carreras de 100-300 m	22 km	80
	Carreras de 100-500 m	14,6 km	80
Sistema aeróbico			
Potencia	Intervalos de carrera	66 km	180 latidos • min ⁻¹
	Progresivos y regresivos	44 km	
Capacidad	Carrera continua	660 km	
	Fartlek+	132 km	

* Cantidad total de ejercicio realizado en los once meses de entrenamiento

+ Fartlek es una carrera con cambios de velocidad

minaciones bioquímicas y la otra parte se congeló en isopentano pre-enfriado en nitrógeno líquido. De esta parte se hicieron cortes con objeto de hacer tinciones histológicas¹³. Se usaron micrografías de las tinciones para obtener el diámetro, el área y el porcentaje del tipo de fibra. Se evaluó un mínimo de 250 fibras por cada muestra.

Determinaciones bioquímicas

Se enfrió aproximadamente 20 mg de tejido muscular directamente en nitrógeno líquido y fue almacenado a -80°C hasta poder efectuar el análisis. La valoración de las actividades enzimáticas fue llevada a cabo durante el período de descanso. Para la valoración de las actividades, se homogeneizó 15 mg de músculo y las actividades enzimáticas fueron valoradas según el protocolo detallado previamente por Amigó y cols.¹⁴ Las actividades enzimáticas valoradas de esta manera fueron glicógeno sintasa (GS), glicógeno fosforilasa (GF), fosfofructoquinasa (PFK), lactato deshidrogenasa (LDH), succinato deshidrogenasa (SDH), aspartato aminotransferasa (ASAT), alanina aminotransferasa (ALAT), creatina quinasa (CK) y citrato sintasa (CS).

Estadística

Los resultados están expresados como medias aritméticas (\pm SD). Para determinar el significado de las diferencias entre las dos biopsias de cada individuo (antes y después del descanso) se utilizó el test de Student (two-tailed) para datos apareados. Un test de ANOVA fue utilizado para comparar los resultados antes y después del descanso de los tres grupos de chicos. Se consideraron las diferencias como significativas a partir de $P < 0.05$.

RESULTADOS

Las características morfométricas de los chicos se modificaron durante el período de descanso. Los grupos de 14 y 15 años ganaron peso y altura, y en casi todos los casos las variaciones fueron significativas. El grupo de 16 años no ganó peso o altura (Tabla I).

Cambios histológicos

Después del entrenamiento, la proporción de fibras de tipo I fue del 54% y las del tipo II del 46% en el grupo de 14 años, 53% y 47% en el grupo de 15 años y 51% y 49% en el grupo de 16 años, respectivamente. No se observó modificaciones en la distribución de las fibras en ninguno de los tres grupos después del descanso. El porcentaje de fibras de tipo II fue ligeramente inferior al porcentaje del tipo I, pero tampoco hubo cambios con el descanso. El diámetro de las fibras (Tabla III) disminuyó aproximadamente un 10% como consecuencia del descanso estival. El diámetro de las fibras de tipo II también disminuyó de manera significativa.

Modificaciones bioquímicas

Las actividades enzimáticas después del descanso se mostraron en la Tabla IV. La actividad CK disminuye en todos los grupos, pero lo hace de manera significativa únicamente en el grupo de 16 años ($P < 0.01$). Respecto a los enzimas reguladores del metabolismo del glicógeno, la GS no varió su actividad mientras que la GF disminuyó únicamente en el grupo de 14 años ($P = 0.07$), que fueron los chicos que descansaron durante un período más largo (8 semanas). El principal cambio en la actividad PFK fue el grupo de chicos de 16 años, que también fue el grupo que mostró unos valores

Tabla III Medida de las fibras musculares ($\mu\text{m}^2 \cdot 10^3$).

Grupos de edad	Área de fibras tipo I		Área de fibras tipo II	
	Antes Desc.	Desc. Desc.	Antes Desc.	Desc. Desc.
14	56.19 ± 14.62	51.72 ± 12.06	58.21 ± 15.17	54.91 ± 12.71
15	72.47 ± 19.38	63.66 ± 17.31	77.06 ± 20.57	73.89 ± 17.91
16	62.13 ± 8.05	59.36 ± 7.10	70.13 ± 17.52	65.76 ± 8.90

Los valores están expresados como medias ± SD. * $P < 0.05$

más elevados al terminar la temporada. El descanso en este caso indujo a una disminución significativa ($P < 0.01$). De manera opuesta se pudo observar un incremento en la actividad PFK en el grupo de chicos de 15 años, que fue el grupo que descansó durante un período de tiempo más corto (4 semanas). La actividad LDH disminuyó de manera significativa solamente, en el grupo de 16 años ($P < 0.05$). En el metabolismo oxidativo la actividad citrato sintasa disminuyó de manera significativa en los grupos de 15 años ($P < 0.05$) y de 16 años ($P < 0.05$). Las actividades ASAT disminuyeron en todos los grupos, pero lo hizo de manera significativa únicamente en el grupo de 16 años ($P < 0.01$), mientras que la actividad ALAT no presentó variaciones en el descanso. Cuando se aplicó el ANOVA a los tres grupos el valor de la actividad PFK resultó ser más alto antes del descanso en el grupo de los de 16 años ($P < 0.01$) y más bajo después del descanso ($P < 0.05$). Se observó igualmente una actividad LDH más elevada en los chicos mayores después del entrenamiento. Antes del descanso, la actividad CS en el grupo de 16 años también fue más alta ($P < 0.01$) que en los otros grupos, de la misma manera que la actividad ASAT ($P < 0.05$). Las comparaciones después del descanso no dieron ninguna diferencia.

Rendimiento deportivo

Las variaciones de rendimiento deportivo como consecuencia del descanso fueron analizadas por dos tests (tabla V). En carrera de 35 metros únicamente los chicos de 16 años mostraron una deterioración significativa de su rendimiento ($P < 0.05$). En el caso del test que medía la capacidad aeróbica general (cursa Navette), el empeoramiento fue general en todos los grupos.

DISCUSIÓN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto que el descanso estival provoca sobre el rendimiento y sobre el músculo de jóvenes deportistas. Este descanso estival es una parte inherente de cualquier programa deportivo y en particular en el entrenamiento de jóvenes no profesionales. Pocos estudios han analizado a fondo las alteraciones que este período de tiempo induce en el músculo. De todas maneras el hecho de trabajar con jóvenes hace que tengamos que tener presente el proceso natural de crecimiento que hace aumentar la talla y a veces el peso. En este trabajo los chicos de 14 y de 15 años aumentaron su altura y su peso a diferencia de los chi-

Tabla IV Actividades enzimáticas (U/g) de los jóvenes deportistas antes y después del descanso.

	Grupo de 14 años		Grupo de 15 años		Grupo de 16 años	
	Antes descanso	Después descanso	Antes descanso	Después descanso	Antes descanso	Después descanso
Creatina quinasa	7273 ± 1118	7060 ± 893	7101 ± 994	6785 ± 857	7753 ± 1271	6722 ± 1303**
Glucógeno sintasa	2.4 ± 0.6	2.3 ± 0.6	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.5	2.6 ± 0.6	2.2 ± 0.5
Glucógeno fosforilasa	63.8 ± 15	55.3 ± 9.9a	60.7 ± 12.7	61.3 ± 17.2	55.8 ± 16.7	54.0 ± 14.8
Fosfofructoquinasa	24.4 ± 10	24.3 ± 9.7	24.7 ± 9.4	29.2 ± 7.3*	38.2 ± 9.0	17.4 ± 4.3**
Lactato deshidrogenasa	373 ± 137	379 ± 116	377 ± 90	350 ± 75	498 ± 132	362 ± 117*
Citrato sintasa	6.3 ± 1.5	5.6 ± 1.6	5.8 ± 1.5	4.4 ± 1.5*	8.8 ± 2.6	5.5 ± 1.4*
Succinato deshidrogenasa	3.2 ± 0.7	3.1 ± 0.6	2.6 ± 0.7	2.6 ± 2.9	2.3 ± 0.5	2.6 ± 0.4
Aspartato aminotransferasa	197 ± 31	186 ± 34	188 ± 32	178 ± 37	240 ± 32	191 ± 37**
Alanina aminotransferasa	25.8 ± 11	23.2 ± 8.8	20.9 ± 7.1	25.3 ± 9.2	27.5 ± 10.4	22.6 ± 7.7

Los resultados están expresados como medias ± SD. en $P = 0.07$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

Tabla V Test de rendimiento deportivo.

Grupos de edad	Tiempo en 35 m (s)		Course Navette+	
	Antes Desc.	Antes Desc.	Antes Desc.	Antes Desc.
14	5.75 ± 0,3	5.76 ± 0.3	10.5 ± 0,6	9.3 ± 0.5**
15	5.41 ± 0.2	5.39 ± 0.2	10.2 ± 0.6	9.7 ± 0.4**
16	5.11 ± 0,1	5.39 ± 0.2*	11.1 ± 0.8	10.0 ± 0.7**

Los valores están expresados como medias ± SD. *P<0.05 *P<0.01
+ La cursa Navette está expresada en paliers

cos de 16 años que no presentaron ningún cambio. A pesar de que las diferencias fueron significativas en todos los casos, las variaciones fueron mínimas debido al corto período de tiempo de descanso.

El estudio histológico mostró que la proporción del tipo de fibra no varió durante el descenso. Este hecho confirmaba lo que habían descrito antes otros autores.^{8,9,15,16} El efecto del descanso se vio reflejada en un descanso significativo en las áreas de las fibras de tipo I y de tipo II. Los valores de sección transversal de área tan elevados antes del descanso se pueden interpretar como una buena adaptación al entrenamiento que desaparece durante el descanso. Esto podría ser un factor que provocara la pérdida de rendimiento después del descanso. Respecto a las actividades enzimáticas musculares en adolescentes se ha descrito que no aparecen diferencias entre estos valores y los valores de los adultos en particular por enzimas involucrados en la glicólisis.^{6,9} Parece ser que las enzimas glicolíticas y oxidativas se modifiquen según el entrenamiento de la misma manera, pero en menor extensión que en los adultos.^{9,11} Cadefau y cols⁷ estudiaron las adaptaciones enzimáticas en un entrenamiento de velocidad con atletas con edad de 16-17 años, y encontraron también un incremento significativo en la actividad de las enzimas glicolíticas y oxidativas. A pesar de que desconocemos los valores de las actividades de nuestros deportistas antes de iniciar el entrenamiento, los valores correspondientes a antes del descanso muestran valores más elevados que los valores que corresponden a chicos no entrenados.⁷

Cada actividad enzimática presenta variaciones particulares pero en ningún caso se encontró un aumento de actividad significativo. Modificaciones en la actividad CK fueron descritas ocasionalmente después del entrenamiento.¹⁸ El hecho de que disminuyera en todos los grupos antes del descanso y de manera significativa en el grupo de 16 años, que tenía valores previos más elevados, podría indicar que la actividad CK puede ser modificada con el entrenamiento.

La capacidad para una rápida movilización (GF) y un relleno (GS) de las reservas de glicógeno no fue muy afecta-

do con el descanso. Este hecho podría sugerir que el período de descanso no fue suficientemente largo para influir en la actividad GS aunque ha podido influir ligeramente en la actividad GF. El enzima regulador de la glicosis, PFK aumenta como respuesta a diferentes programas de entrenamiento anaeróbico.^{7,11,19} En nuestro estudio, PFK no cambió durante el tiempo de descanso en los grupos de 14 y de 15 años pero disminuyó de manera significativa en el grupo de 16 años.

En varias actividades medidas (CK, PFK, LDH, CS, ASAT) los valores correspondientes a los chicos de 16 años antes del descanso presentan valores más elevados que en otros grupos. Estos valores más elevados podrían favorecer tanto el metabolismo anaeróbico como el aeróbico y en particular altos niveles de actividad transaminasa acelerarían el cambio de glicólisis anaeróbica a aeróbica en ejercicios submáximos y facilitarían la oxidación del lactato.²⁰ Tenemos pues su rendimiento deportivo en los dos tests que fue mejor que en los grupos de 14 y de 15 años. Estas diferencias podrían indicar que el entrenamiento llevó a una mejora más extensa en el grupo de 16 años y que la parada del entrenamiento podría ser la causa de un mayor retroceso de los parámetros mejorados. Para poder justificar este comportamiento diferencial del grupo de 16 años podríamos pensar en una mayor cantidad de años de entrenamiento o en una concentración mayor a la hora de efectuar el entrenamiento, debido a un incremento en el grado de tensión-responsabilidad en la competición.

Después del descanso el rendimiento deportivo empeoró. Cada grupo fue capaz de mejorar las marcas obtenidas antes del descanso pero especialmente el grupo de 16 años mostró un descenso significativo en los dos tests. Esta pérdida de eficacia del grupo de 14 y de 15 años solamente mostraron pérdida de rendimiento en el test aeróbico (course Navette).

Como conclusión proponemos que durante el descanso estival haya una adaptación muscular de carácter bioquímico y morfológico que induce a una pérdida de rendimiento deportivo. Sugerimos que cortos períodos de descanso esti-

val tienen un efecto mínimo sobre las actividades enzimáticas y que el metabolismo glicolítico se mantiene mientras que la potencia oxidativa disminuye mostrándose mucho más sensible al nivel del entrenamiento. A pesar de que sólo se analizó el descanso y no el período de entrenamiento sugerimos que los grupos de 14 y de 15 años fueron menos influenciados por el entrenamiento y, dado que el grupo de

16 años respondió más al entrenamiento, el efecto negativo del descanso en su músculo también fue más extenso.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Direcció General de l'Esport (Generalitat de Catalunya), por el Superior de Deportes (Instituto de Ciencias de la Educación Física) y por la CICYT (SAF92-0327).

Bibliografía

- GOLLNICK PD, ARMSTRONG RB, SAUBERT CW, PIEHL K, SALTIN B. Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J Appl Physiol* 1972;33:313-319.
- HOUSTON ME, THOMSON JA. The response of endurance adapted adults to intense anaerobic training. *Eur J Appl Physiol* 1977;36:207-213.
- TECHS PA, KARLSSON J. Muscle fiber types and size in trained and untrained muscles of elite athletes. *J Appl Physiol* 1985;59:1716-1720.
- THORSTENSSON A, SJODIN B, KARLSSON J. Enzyme activities and muscle strength after "sprint training" in man. *Acta Physiol Scand* 1975;94:313-318.
- KRAHENBUHL GS, WILLIAMS TJ. Running economy: Changes with age during childhood and adolescence. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:462-466.
- HARALAMBIE G. Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 years old adolescents. *Bull Europ Physiopath Resp* 1982;18:65-74.
- CADEFAU J, CASEDEMONT JM, GRAU JM, FERNANDEZ J, BALAGUER A, VERNET M I COLS. Biochemical and histochemical adaptation to sprint training in young athletes. *Acta Physiol Scand* 1990;140:341-351.
- ERIKSSON BO. Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys. *Acta Physiol Scand* 1972;suppl.384:1-48.
- ERIKSSON BO, GOLLNICK P, SALTIN B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol Scand* 1973;87:485-497.
- CUMMING GR, HASTMAN L, MCCORT J, MCCULLOUGH S. High serum lactates do occur in young children after maximal work. *Int J Sports Med* 1980;1: 66-69.
- FOURNIER M, RICCI J, TAYLOR AW, FERGUSON J, MONTPETIT RR, CHAITMAN BR. Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:453-456.
- BERGSTRÖM J. Muscle electrolytes in man. *Scand J Clin Lab Invest* 1962;(suppl) 68:1-110.
- DUBOWITZ V. MUSCLE BIOPSY: A practical approach. London, Ballièr Tindall, 1985.
- AMIGÓ N, CADEFAU JA, FERRER I, TARRADOS N, CUSSÓ R. Effect of summer intermission on skeletal muscle of adolescent soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* (en premsa)
- HENRIKSSON J, REITMAN JS. Quantitative measures of enzyme activities in type I and type II muscle fibers of man after training. *Acta Physiol Scand* 1976;97:392-397.
- NAKAMURA T, KUROSAWA H, KAWAHARA H, WATARAI K, MIYASHITA H. Muscle fiber atrophy in the quadriceps in knee-joint disorders. *Arch Orthop Trauma Surg* 1986;105:163-169.
- KARLSSON J, NORDESKO LO, JORFELDT L, SALTIN B. Muscle lactate, ATP and CP levels during exercise after physical training in man. *J Appl Physiol* 1972;33:194-203.
- JACOBS SI, ESBJORNSSON M, SYLVEN C, HOLM I, JANSSON E. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19:368-374.
- ROBERTS AD, BILLETER R, HOWALD H. Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. *Int J Sports Med* 1982;3:18-21.
- SCHANTZ P. Plasticity of human skeletal muscle with special reference to effect of physical training on enzyme levels of the NADH shuttles and phenotypic expression of low and fast myofibrillar proteins. *Acta Physiol Scand* 1986;128 Supp 558:1-62.