

Perfil enzimático en ciclistas y sus modificaciones con el ejercicio máximo

Lapieza, Ma Gloria*; Nuviala, Ramón José**; Roda, Leonor**; Azcona, José Miguel***; Giner, Armando**

* Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina de Zaragoza.

** Servicio de Bioquímica. H.C. Universitario de Zaragoza.

*** Unidad de Angiología y Cirugía Vascul. H.C. Universitario de Zaragoza

RESUMEN

En un grupo de 9 ciclistas se han determinado las actividades enzimáticas LDH, CK, CK-MB, ALD, ASAT y ALAT basales, tras una prueba cicloergométrica máxima de esfuerzo y durante la fase de recuperación tardía, comparándolas con las de un grupo de jóvenes no activos. Los valores basales de todas las enzimas estaban más elevados en los ciclistas que en el grupo control con diferencias significativas para la CK, ALD y ASAT ($p < 0.05$). Inmediatamente después del ejercicio sus valores se elevaron significativamente en ambos grupos en relación a los basales excepto la ALAT, destacando los incrementos porcentuales sufridos por la ASAT (64.4%) y ALD (50.9%) en el grupo control y por la ASAT (32.7%) en los ciclistas. A las 8 horas de finalizada la prueba de esfuerzo los valores eran muy similares a los basales salvo para la CK que mostraba su pico máximo de actividad, hallándose diferencias significativas con sus tasas basales en ambos grupos ($p < 0.05$).

Los menores incrementos de las enzimas hallados en los ciclistas tras el esfuerzo físico, en relación a los jóvenes no activos, debemos interpretarlos como efecto del entrenamiento sobre el músculo esquelético. El grado de elevación postesfuerzo de la CK-MB nos sugiere una liberación de esta isoenzima no exclusiva del músculo esquelético sino también de origen cardíaco.

Palabras clave:

Ciclistas, LDH, CK, CK-MB, ALD, ASAT, ALAT, cicloergometría de esfuerzo.

RESUM

En un grup de 9 ciclistes s'han determinat les activitats enzimàtiques LDH, CK, CK-MB, ALD, ASAT i ALAT basals després d'una prova cicloergomètrica màxima d'esforç i durant la fase de recuperació tardana, que s'han comparat amb les d'un grup de joves no actius. Els valors basals de tots els enzims eren més elevats en els ciclistes que en el grup de control, amb diferències significatives per a la CK, l'ALD i l'ASAT ($p < 0,05$). Immediatament després de l'exercici els seus valors van augmentar significativament en tots dos grups amb relació als basals llevat de l'ALAT i varen destacar els increments percentuals soferts per l'ASAT (64,4%), i l'ALD (50,9%) en el grup de control, i per l'ASAT (32,7%) en els ciclistes. 8 hores després d'haver acabat la prova d'esforç els valors eren molt similars als basals, excepte per a la CK, que mostrava el seu punt màxim d'activitat, i es van observar diferències significatives amb els seus nivells basals en tots dos grups ($p < 0,05$).

Cal interpretar els increments més petits dels enzims trobats en els ciclistes després de l'esforç físic –amb relació als joves no actius– com un efecte de l'entrenament sobre el múscul esquelètic. El grau d'elevació després de l'esforç de la CK-MB ens suggereix un alliberament d'aquest isoenzím no exclusiu del múscul esquelètic, sinó també d'origen cardíac.

Paraules clau:

Ciclistes, LDH, CK, CK-MB, ALD, ASAT, ALAT, cicloergometria d'esforç.

SUMMARY

In a group of 9 cyclists the basal enzyme activities LDH, CK, CK-MB, ALD, ASAT and ALAT were determined after a maximum cycloergometric test of effort and during the later recovery phase, comparing them with those of a group of nonactive youth. The basal values of all the enzymes were higher in the cyclists than in the control group, with considerable differences in CK, ALD and ASAT ($p < 0,05$). Immediately after exercise the values rose considerably in both groups with regard to the basal ones except the ALAT. The most significant were the percentage increases experienced by the ASAT (64,4%) and ALD (50,9%) in the control group and the ASAT (32,7%) in the cyclists, 8 hours after the effort test the values were very similar to the basal one except for the CK which showed its maximum peak of activity, giving considerable differences from their basal rates in both groups ($p < 0,05$).

The smaller increases in the enzymes found in the cyclists after the physical effort compared to the nonactive youths should be interpreted as an effect of training on the skeletal muscle. The degree of post-effort rise in the CK-MB suggests a liberation of this isoenzyme which is not exclusive to the skeletal muscle but also of a cardiac origin.

Key words

Cyclists, LDH, CK, CK-MB, ALD, ASAT, ALAT, cycloergometrics of effort.

Introducción

Las determinaciones de ciertas enzimas séricas relacionadas con el metabolismo del músculo esquelético, son consideradas por algunos autores como posibles índices de aptitud física ante el ejercicio,²⁹ del nivel de entrenamiento¹⁹ o incluso como buenos indicadores de "stress" o sobreentrenamiento muscular en el deportista.³ El estudio de actividades enzimáticas en biopsias de músculo ha puesto de manifiesto claras diferencias entre muestras procedentes de distintos músculos, no pudiendo hablarse de actividades enzimáticas del tejido muscular en general sino de músculos en particular,^{16, 18} contrariamente a lo que sucede en las determinaciones séricas.

La liberación de enzimas desde los músculos esqueléticos al torrente circulatorio tras el ejercicio físico, aún sin ser un problema totalmente aclarado, parece obedecer a la actuación de varios mecanismos combinados: hipoxia, isquemia, necrosis o ciertas condiciones que causan cambios a nivel de la permeabilidad de la membrana celular.^{7, 31} Por otra parte estos mecanismos parecen ser menos acentuados cuando el trabajo intenso es realizado por individuos sometidos a un entrenamiento físico regular.^{15, 26}

En el presente trabajo nos propusimos valorar las actividades enzimáticas basales en un grupo de ciclistas comparándolas con un grupo control no activo, determinándose tanto las modificaciones producidas tras una prueba de esfuerzo máxima como en la fase de recuperación tardía.

Material i métodos

En el estudio participaron nueve ciclistas integrantes de un equipo de aficionados que realizaban un entrenamiento medio de 302.7 ± 93.9 km/sem (Rango: 200-425 km/sem). El grupo control lo formaban nueve sujetos sanos, estudiantes de Medicina, que no realizaban habitualmente actividad física y que tras ser previamente informados se prestaron como voluntarios.

Tras ser pesados y medidos se les efectuó una extracción sanguínea basal, después de un período de 12 horas de ayuno y sin haber realizado actividad física alguna antes de la misma. Seguidamente fueron sometidos a una prueba cicloergométrica continua máxima en un cicloergómetro modelo Prof. Fleisch (Metabo) con una carga inicial de 30 watos e incrementos de 30 watos cada 3 minutos a una frecuencia de pedaleo de 60 r.p.m. La prueba fue suspendida cuando alcanzaban su teórica frecuencia cardíaca máxima (220-edad) o al aparecer claros síntomas de agotamiento muscular que les impidiesen seguir pedaleando. Inmediatamente después de finalizada la prueba (Tiempo 0) les fue realizada una nueva extracción sanguínea, permaneciendo a continuación un mínimo de 5 minutos en reposo tumbados. Todos los sujetos volvieron de nuevo al laboratorio a las 8 y 24 horas después de concluida la prueba para dos nuevas extracciones.

Las frecuencias cardíacas fueron medidas a partir de los registros electrocardiográficos realizados en un polígrafo Mingograf-81 (Siemens). El consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ máx.) fue calculado de forma indirecta por medio del nomograma de ASTRAND.¹

Las muestras de sangre fueron repartidas en dos lotes, uno con EDTA-K₃ como anticoagulante y otro en tubo en vacío, centrifugado a continuación y separada la fracción de suero que fue congelada a -30 °C hasta su procesamiento. En las muestras tratadas con anticoagulante fueron determinados: 1) el valor hematocrito (Hto) por cuadruplicado en una centrifuga de microhematocritos, hallándose el valor medio, 2) la hemoglobina (Hb) por el método de la cianometamoglobina según FELLINGHAN,^{8, 3} la concentración de hematias según el método de STURGEON y McQUISTON,³⁰ ambos en un autoanalizador hematológico H-6000 (Technicon). Las proteínas totales (P.T.) se determinaron por el método de biuret de SKEGGS y HOCHSTRASSER²⁸ en

un autoanalizador centrífugo Gemeni (Electro-Nucleonics, Inc.). La haptoglobina (HPT) se determinó por inmunoquímica en un nefelómetro cinético ICS Analyzer II (Beckman) según la técnica descrita por FISCHER.⁹

Las determinaciones de las actividades enzimáticas de lactato deshidrogenasa (LDH), creatin quinasa total (CK) y su isoenzima cardíaca (CK-MB), aldolasa (ALD), aspartato aminotransferasa (ASAT) (GOT) y alanina aminotransferasa (ALAT) (GPT) se efectuaron con reactivos de Boehringer Mannheim según sus respectivas técnicas^{2,4, 6, 14, 32, 33} adaptadas a un autoanalizador Hitachi 705, a 37 °C de temperatura.

El tratamiento estadístico se realizó en un ordenador Tandy 1000 PC SX con el programa Microstat versión Rel. 4.1.07. Las diferencias entre grupos e intragrupo se analizaron mediante el test de Student para series no apareadas y apareadas respectivamente, estableciéndose niveles de significación para $p < 0.05$ y $p < 0.01$.

máx. absoluto y referido al peso corporal así como para la potencia máxima alcanzada. La frecuencia cardíaca basal media era significativamente menor en los ciclistas ($p < 0.05$) que en el grupo control.

Se hallaron valores basales significativamente superiores de Hto ($p < 0.05$) y de Hb y hematíes ($p < 0.01$) en el grupo control con respecto a los ciclistas (Tabla III), mientras que para las proteínas totales y haptoglobina los resultados fueron muy similares en ambos grupos. Todos los parámetros estaban significativamente elevados inmediatamente después de la prueba, produciéndose un acusado descenso a las 8 horas de finalizada, con valores incluso inferiores a los basales en casi todos los parámetros. A las 24 horas se normalizaron los valores con excepción del Hto, Hb y hematíes del grupo control que permanecían significativamente descendidos con respecto a los basales y de la HPT de los ciclistas que era ligeramente inferior al valor basal pero sin hallarse diferencias estadísticamente significativas.

	n	Edad (años)	Peso (Kg)	Altura (cm)	Entrenamiento (h/sem)	T.Práctica (años)
Control	9	19.7 ± 2.1	68.8 ± 10.5	175.6 ± 5.6	-	-
Ciclistas	9	18.2 ± 1.2	62.4 ± 6.4	172.4 ± 4.4	11.1 ± 3.0	3.4 ± 0.7

Tabla I. Características físicas y grado de entrenamiento ($\bar{X} \pm 1DS$)

Resultados

Las características físicas y grado de entrenamiento de los dos grupos estudiados figuran en la Tabla I. Los resultados de la prueba cicloergométrica se exponen en la Tabla II, hallándose valores significativamente superiores en los ciclistas ($p < 0.01$) en relación al grupo control, para el $\dot{V}O_2$

Los valores basales de las actividades enzimáticas (Figura 1) estaban más elevados en los ciclistas para todas las enzimas estudiadas con respecto al grupo control, hallándose diferencias significativas ($p < 0.05$) en el caso de la CK, ALD y ASAT. Inmediatamente después del ejercicio todas las enzimas mostraban una clara elevación tanto en los ciclistas como en el grupo control con dife-

	$\dot{V}O_{2max}$ l/min	$\dot{V}O_{2max}$ ml/Kg/min	Potencia máxima (vatios)	F.C.basal (puls/min)	F.C.máxima (puls/min)
Control	3.01 ± 0.66**	44.2 ± 9.4**	216.0 ± 32.6**	69.4 ± 8.7*	189.4 ± 6.9
Ciclistas	3.83 ± 0.67	61.3 ± 8.3	270.0 ± 29.9	60.1 ± 8.1	185.6 ± 7.1

Tabla II. Resultados de la prueba cicloergométrica ($\bar{X} \pm 1DS$)

Test de Student: significación entre control y ciclistas: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

	Basal	Postejercicio		
		0	8 h	24 h
Control				
Hto (%)	46.1 ± 1.9†	48.9 ± 1.9**	44.0 ± 1.3**	44.3 ± 2.2*
Hb (g/dl)	15.7 ± 0.8††	16.8 ± 0.9**	14.6 ± 0.5**	14.9 ± 0.7**
Hematfies.10 ⁶ /mm ³	5.26 ± 0.34††	5.60 ± 0.32**	5.09 ± 0.32*	5.03 ± 0.35*
P. T. (g/dl)	8.2 ± 0.7	9.2 ± 0.8**	7.8 ± 0.5	7.9 ± 0.7
HPT (mg/dl)	96.9 ± 25.4	109.2 ± 24.7*	92.8 ± 20.0	98.4 ± 19.8
Ciclistas				
Hto (%)	44.0 ± 1.7	45.6 ± 1.1**	41.9 ± 1.3**	42.8 ± 2.0
Hb (g/dl)	14.4 ± 0.8	15.0 ± 0.7**	13.9 ± 0.5*	14.4 ± 0.6
Hematfies.10 ⁶ /mm ³	4.75 ± 0.31	4.90 ± 0.30*	4.68 ± 0.33	4.70 ± 0.34
P. T. (g/dl)	8.4 ± 0.3	8.9 ± 0.3**	8.4 ± 0.4	8.3 ± 0.2
HPT (mg/dl)	96.8 ± 30.1	103.7 ± 33.2**	92.3 ± 29.1	91.5 ± 25.7

**Tabla III. Valores basales y postejercicio de los parámetros hematológicos y bioquímicos ($\bar{X} \pm 1DS$)
Test de Student: significación entre valores basales y postesfuerzo: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$
significación entre valores basales de control y ciclistas: † $p < 0.05$; †† $p < 0.01$**

rencias estadísticamente significativas con respecto a los valores basales salvo para la actividad ALAT cuyo incremento no era significativo. A las 8 horas de finalizada la prueba los valores eran semejantes a los basales o algo inferiores a excepción de la CK que mantenía todavía una tendencia alcista en ambos grupos con diferencias significativas ($p < 0.05$) con sus respectivos valores basales. A las 24 horas los valores eran incluso ligeramente más bajos, hallándose diferencias significativas para la LDH ($p < 0.05$) y CK-MB ($p < 0.01$) en el grupo control y para la ASAT ($p < 0.05$) en los ciclistas en relación a sus cifras basales. La isoenzima cardíaca de la creatin quinasa (CK-MB) mostraba en los ciclistas, a las 24 horas de concluida la prueba, un ascenso con respecto al valor hallado a las 8 horas pero sin encontrarse diferencias significativas con el valor basal.

Por último tras el cálculo de las variaciones porcentuales de todos los parámetros estudiados (Tabla IV), inmediatamente después de concluido el ejercicio en relación a sus valores basales, se comprobó que los mayores incrementos correspondían al grupo control salvo para la ALAT que era ligeramente superior en los ciclistas, destacando los incrementos sufridos por la ASAT (64.4%) y ALD (50.9%) en el grupo control y por la ASAT (32.7%) en los ciclistas.

mente superior en los ciclistas, destacando los incrementos sufridos por la ASAT (64.4%) y ALD (50.9%) en el grupo control y por la ASAT (32.7%) en los ciclistas.

Discusión

Las potencias medias alcanzadas por los ciclistas al igual que el $\dot{V}O_2$ máx. absoluto (l/min) y referido al peso corporal (ml/kg/min) son significativamente superiores ($p < 0.01$) a los valores obtenidos para el grupo control, con una frecuencia cardíaca basal inferior para los primeros ($p < 0.05$), hallazgos plenamente justificados por el efecto del entrenamiento. En cuanto a la frecuencia máxima alcanzada no se han hallado diferencias significativas aún siendo ligeramente inferior en el grupo control.

Inmediatamente después del ejercicio es patente el grado de hemoconcentración alcanzado y puesto de manifiesto por la elevación de los parámetros hematológicos: Hto, Hb y hematíes, porcentualmente más elevados en el grupo control que en los

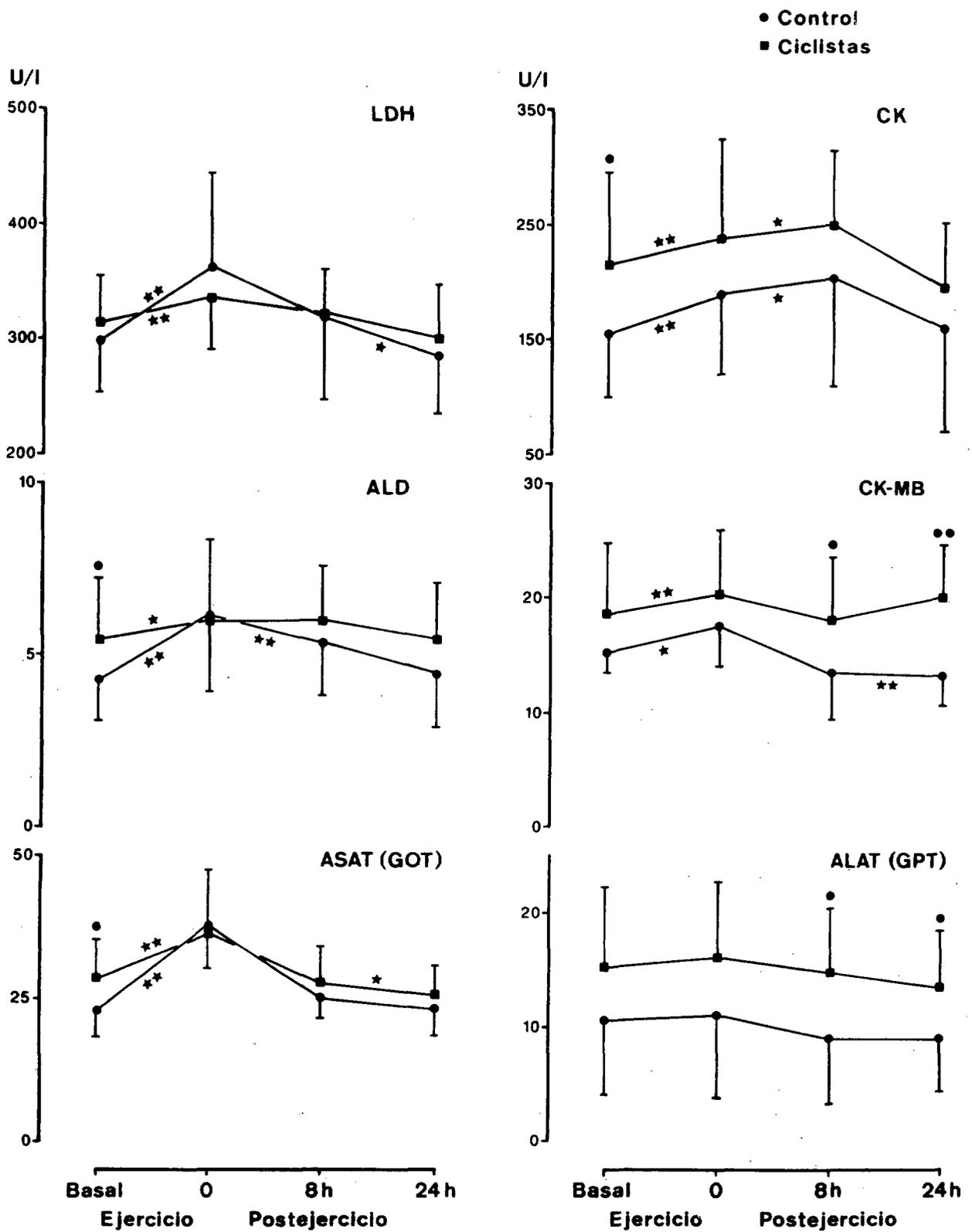


Figura 1. Actividades enzimáticas basales y postejercicio ($X \pm 1DS$)
 Test de Student: significación entre valores basales y postesfuerzos: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$
 significación entre control y ciclistas: ● $p < 0.05$; ●● $p < 0.01$

ciclistas (Tabla IV). Así mismo, la concentración de proteínas totales se muestra más elevada en el control (12%) que en los ciclistas (5.7%), con un incremento porcentual mayor que el del Hto. Este hallazgo está en concordancia con lo expuesto por FOWLER y col.¹⁰ y SIEST y GALTEAU²⁷ quienes proponen utilizar las proteínas totales como índice de hemoconcentración, ya que por la posible hemólisis producida durante el ejercicio no consideran el Hto como índice más adecuado para su cuantificación.

	Control (Δ%)	Ciclistas (Δ%)
Hto (%)	6.1	3.7
Hb (g/dl)	7.2	4.1
Hematíes. 10 ⁶ /mm ³	6.6	3.2
P. T. (g/dl)	12.0	5.7
HPT (mg/dl)	15.7	7.1
LDH (U/l)	21.2	7.5
CK (U/l)	20.7	10.4
CK-MB (U/l)	16.9	10.1
ALD (U/l)	50.9	12.2
ASAT (U/l)	64.4	32.7
ALAT (U/l)	10.2	13.0

Tabla IV. Variaciones porcentuales (Δ%) de los parámetros estudiados tras el ejercicio físico

Es de destacar que así como las proteínas totales no presentaban diferencias significativas a las 8 y 24 horas después de finalizada la prueba de esfuerzo con respecto a sus valores basales, el Hto y Hb de los ciclistas a las 8 horas y estos dos parámetros junto con los hematíes del grupo control a las 8 y 24 horas postejercicio, si que eran significativamente inferiores a los basales. Paralelamente a estas disminuciones del Hto se hallaron descensos no significativos de la haptoglobina (HPT) en el grupo control y ciclistas coincidiendo con la extracción de las 8 horas y en los ciclistas también a las 24 horas. Estos descensos de HPT pueden estar justificados por la hemólisis causada por el ejercicio con la consiguiente liberación de Hb al plasma y formación del complejo HPT-Hb que explicaría el descenso de HPT circulante, circunstancia descrita por HARALAMBIE¹⁷ y SPITLER y col.,²⁹ resaltando estos últimos autores la utilidad de la HPT, al margen de sus variaciones tras el ejercicio físico intenso, como un buen indicador de actividad física crónica. Los cambios tanto de los

parámetros hematológicos analizados como de la HPT deben ser tenidos en consideración cuando se efectúen extracciones tras una prueba de esfuerzo y especialmente si se trata de una prueba ciclista de larga duración, sin descartar tampoco la hemodilución compensatoria tardía que posiblemente se pueda producir.

Todas las actividades enzimáticas basales eran más elevadas en el grupo de ciclistas que en el control, siendo significativamente superiores para la ALD, CK total y ASAT, hallazgo superponible a los de otros autores^{5,22} con valores claramente superiores en grupos de personas con actividad física regular. Tal como expone GRIFFITHS,¹³ este hecho debe interpretarse con cautela ya que el ejercicio prolongado produce marcados incrementos en el músculo esquelético, y consecuentemente a nivel sérico, de la actividad enzimática CK en jóvenes con "labilidad enzimática" y que pueden ser catalogados como sospechosos de distrofias o procesos musculares patológicos.

La LDH mostraba una elevación significativa tras la prueba cicloergométrica, más acusada en el grupo control que en los ciclistas. El incremento porcentual del grupo control (21.2%) era semejante al descrito por GIMÉNEZ y FLORENTZ¹² quienes refieren una elevación del 21% tras una prueba cicloergométrica de tipo "crenaux", mientras que la de nuestros ciclistas era claramente inferior (7.5%). ROSE y col.²⁵ comprobaron que tras una carrera de maratón la elevación de la LDH sérica se debía principalmente a un aumento significativo de las isoenzimas 3, 4 y 5-LDH predominantes sobre todo a nivel de músculo esquelético y pulmón, mientras que las isoenzimas 1 y 2-LDH de origen miocárdico y renal experimentaban escaso incremento. Las tasas medias halladas a las 8 horas, muy similares a las basales, y su posterior descenso a las 24 horas son coincidentes con los hallazgos referidos por BESSON y col.⁵

La CK es una enzima con una gran variabilidad individual,¹¹ hallándose claras diferencias entre sujetos sedentarios y activos, teniendo valores basales más elevados los últimos,^{5, 13, 22} coincidiendo con los resultados obtenidos en este trabajo, con valores significativamente más elevados ($p < 0.05$) en el grupo de ciclistas. Igualmente se ha descrito que para los individuos entrenados el incremento de esta enzima tras el ejercicio físico era menor que para los no entrenados,^{19, 27} lo que concuerda con la respuesta obtenida en nuestro grupo de ciclistas que tras la prueba de esfuerzo veían incrementados sus niveles basales en un 10.4% frente al grupo control cuya elevación porcentual era el doble (20.7%). El pico máximo de la actividad CK lo hallamos a las 8 horas de concluido el ejercicio, tanto en el grupo control como en los ciclistas, coincidiendo con los resultados de BESSON y col.⁵ y NUTTALL y JONES²³ tanto en entre-

nados como en no entrenados, mientras SPITLER y col.²⁹ en hombres y mujeres de baja aptitud física lo refieren a las 6 horas, aunque estos autores no efectúan otra nueva extracción hasta pasadas 24 horas.

La isoenzima cardíaca CK-MB representa algo menos de un 3% de la actividad enzimática de la CK total en el músculo esquelético³⁴ aún cuando JANSSON y SYLVEN²⁰ han llegado a cuantificar porcentajes de hasta un 4.2% en ciclistas juniors y un 6.6% en los de élite a nivel de las fibras tipo I o de contracción lenta y sensiblemente inferiores en las de tipo II o de contracción rápida. Los incrementos de CK-MB hallados por nosotros tras la prueba de esfuerzo representaban un 7.7% en el grupo control y un 9.1% en los ciclistas en relación al incremento absoluto experimentado por la CK total. Estos porcentajes están muy por encima del considerado anteriormente como normal a nivel del músculo esquelético, por lo que se mostrarían de acuerdo con la idea de HANSEN y col.¹⁵ y LOTT y STANG²¹ quienes refieren que este hallazgo sólo es compatible con un cierto grado de daño a nivel de las proteínas musculares de las células miocárdicas y que nunca nos deben conducir a un diagnóstico erróneo de infarto miocárdico agudo. Tampoco resulta muy explicable la elevación producida en nuestros ciclistas a las 24 horas de finalizada la prueba de esfuerzo por lo que deberá ser tenido en cuenta en posteriores estudios.

Los niveles basales significativamente superiores de ALD en los ciclistas son descritos por HARALAMBIE¹⁷ en distintos grupos de deportistas, debido al mayor nivel y proporción de su isoenzima A, predominantemente de origen muscular. GIMÉNEZ y FLORENTZ¹² también describen tasas más altas de ALD en deportistas pero su elevación tras el ejercicio es muy pequeña en deportistas y sedentarios, contrastando claramente con nuestros resultados en los que encontramos sobre todo en el grupo control una elevación del 50.9% y del 12.2% en los ciclistas.

La ASAT, con valores basales significativamente superiores en los ciclistas, fue la enzima que mayor incremento experimentó en ambos grupos, pero siendo el aumento mucho mayor en el grupo control (64.4%) que en los ciclistas (32.7%), tendencia coincidente con la expuesta por FOWLER y col.¹⁰ Los incrementos porcentuales hallados por nosotros están en la línea de los obtenidos por MISNER y col.²² quienes refieren aumentos de hasta un 64% en corredores de fondo y por CRITZ Y CUNNINGHAM⁷ tras 12 minutos de natación (65%) y de práctica de baloncesto (28%). GIMÉNEZ y FLORENTZ¹² hallan elevaciones medias de un 13.5%, aunque confirman las claras diferencias entre sujetos entrenados y no entrenados tanto en reposo como durante el ejercicio.

La ALAT era la única enzima que no mostraba

elevación significativa tras el esfuerzo ni en el grupo control ni en los ciclistas, con un incremento porcentual algo superior en los últimos y descensos de sus niveles por debajo de sus valores basales a las 8 y 24 horas. Los niveles más bajos a las 24 horas coinciden con los descritos por BESSON y col.⁵ en alguno de sus grupos de deportistas.

Tal como exponen algunos autores^{12, 19} y nosotros corroboramos con nuestros hallazgos (Tabla IV), la hemoconcentración no es el único mecanismo causante del incremento de las enzimas estudiadas ya que además de no elevarse todas en la misma proporción, lo hacen mayormente que los índices considerados de hemoconcentración tales como en Hto y sobre todo las proteínas totales.

Al margen de los diferentes protocolos de trabajo y metodología de determinación de las enzimas, los factores que según FOWLER y col.¹⁰ van a influir en la elevación de los niveles séricos tras la actividad física son la intensidad y duración del trabajo realizado y el nivel de entrenamiento o acondicionamiento físico individual, claramente demostrado este último en nuestro grupo de ciclistas que aún habiendo trabajado durante un periodo de tiempo más largo, y por tanto estar sometidos a una mayor carga de trabajo, eran los que porcentualmente sufrían menores elevaciones con excepción de la ASAT. Tampoco debe olvidarse el factor de comportamiento o "labilidad enzimática" individual comentado por GRIFFITHS¹³ y puesto de manifiesto por nosotros en una población de adolescentes activos.²⁴

Los resultados obtenidos en este trabajo nos hacen afirmar que las actividades enzimáticas basales estudiadas estaban más elevadas en los ciclistas en relación a los no deportistas, en especial para la CK total, ALD y ASAT, hallazgo que debe ser tenido en cuenta para no caer en falsos diagnósticos de procesos musculares patológicos. Tras la prueba cicloergométrica máxima de esfuerzo las elevaciones porcentuales medias de las enzimas en los deportistas eran claramente inferiores a las halladas para los jóvenes no activos excepto para la ASAT, algo inferior en estos últimos, lo que interpretamos como efecto del entrenamiento sobre el músculo esquelético. Debemos resaltar la elevación dispar sufrida por las diferentes enzimas estudiadas, sin guardar relación con los fenómenos de hemoconcentración producidos durante el ejercicio físico.

El porcentaje de aumento de la CK-MB tras el esfuerzo físico, nos hace pensar en una posible liberación a plasma de esta isoenzima de origen cardíaco, junto con la procedente del músculo esquelético, extremo que deberá ser estudiado más en profundidad por la posible repercusión que pueda tener tanto a nivel de deportistas como de no deportistas, implicados en actividades físicas de larga duración.

Bibliografía

1. ASTRAND, P.O.; RODAHL, K.: Fisiología del trabajo físico. Buenos Aires: Panamericana, 1985.
2. BEISENHERZ, V.G.; BOLTZE, H.J.; BUCHER, T.; CZOK, R.; GARBADE, K.H.; MEYER-ARENDET, E.; PGLEIDERER, G.: Diphosphofruktose-Aldolase, Phosphoglyceraldehyd-Dehidrogenase, Milchsäure-Dehydrogenase, Glycerophosphat-Dehydrogenase und Pyruvat-Kinase aus Kaninchenmuskulatur in einem Arbeitsgang. *Z. Naturforsch.*, 1953, *8b*:555.
3. BERG, A.; HARALAMBIE, G.: Changes in serum creatine kinase and hexose phosphate isomerase activity with exercise duration. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1978, *39*: 191-201.
4. BERGMAYER, H.U.; SCHEIBE, P.; WAHLEFELD, A.W.: Optimization of methods for aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase. *Clin. Chem.*, 1978, *24*: 58-73.
5. BESSON, C.; ROCHCONGAR, P.; BEAUVERGER, Y.; BASSONVILLE, J.; AUBREE, M.; CATHELIN, M.: Étude des variations des taux sériques des enzymes musculaires et de la myoglobine après épreuve d'effort maximale et au cours des 24 heures suivantes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1981, *47*:47-56.
6. BOWERS, G.N. Jr.; BERGMAYER, H.U.; HORDER, M.; MOSS, D.W.: Approved recommendation (1978) on IFCC methods for the measure of catalytic concentration of enzymes. Part 1. General considerations concerning the determination of the catalytic concentration of an enzyme in the blood, serum or plasma of man. *Clin. Chim. Acta*, 1979, *98/1-2*, 163 F-174 F.
7. CRITZ, J.B.; CUNNINGHAM, D.A.: Plasma enzyme levels in man after different physical activities. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 1972, *12*: 143-149.
8. FELLINGHAM, F.: Comparison of SMA 4 with manual methods. In: Automation in Analytical Chemistry, Technicon Symposia, Vol. 2. White Plains, New York: Mediad. Inc., 1968, pp. 57-61.
9. FISCHER, C.L.: Haptoglobina. Manual de Técnicas de Nefelometría Cinética. Beckman Instruments, Inc. U.S.A., 1986.
10. FOWLER, W.M.; GARDNER, G.W.; KAZERUNIAN, H.H.; LAUVSTAD, W.A.: The effect of exercise on serum enzymes. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1968, *49/10*: 554-565.
11. GALTEAU, M.M.; SIEST, G.; POORTMANS, J.: Continuous in vivo measurement of creatine kinase variations in man during an exercise. *Clin. Chim. Acta*, 1976, *66*: 89-95.
12. GIMÉNEZ, M.; FLORENTZ, M.: Serum enzyme variations in men during an exhaustive "square-wave" endurance exercise test. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1984, *52*: 219-224.
13. GRIFFITHS, P.D.: Serum levels of ATP: Creatine phosphotransferase (creatin kinase). The normal range and effect of muscular activity. *Clin. Chim. Acta*, 1966, *13*: 413-420.
14. GRUBER, W.: Inhibition of creatine kinase activity by Ca⁺⁺ and reversing effect of ethylenediaminetetraacetate. *Clin. Chem.*, 1978, *24*: 177-178.
15. HANSEN, K.N.; BJERRE-KUNDSSEN, J.; BRODTAGEN, U.; JORDAL, R.; PAULEV, P.E.: Muscle cell leakage due to long distance training. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1982, *48*: 177-188.
16. HARALAMBIE, G.: Further studies on creatine kinase activity in human skeletal muscle. *Enzyme*, 1978, *23*:182-186.
17. HARALAMBIE, G.: Serum aldolase isoenzymes in athletes at rest and after long-lasting exercise. *Int. J. Sports Med.*, 1981, *2*:31-36.
18. HARALAMBIE, G.; BERG, A.: Creatine kinase and hexose phosphate isomerase activity in skeletal muscles of healthy male adults. *Enzyme*, 1978, *23*: 104-107.
19. HUNTER, J.B.; CRITZ, J.B.: Effect of training on plasma enzyme levels in man. *J. Appl. Physiol.*, 1971, *31/1*: 20-23.
20. JANSSON, E.; SYLVEN, C.: Creatine kinase MB and citrate synthase in type I and type II muscle fibres in trained and untrained men. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1985, *54*: 207-209.
21. LOTT, J.A.; STANG, J.M.: Serum enzymes and isoenzymes in the diagnosis and differential diagnosis of myocardial ischemia and necrosis. *Clin. Chem.*, 1980, *26/9*: 1241-1250.
22. MISNER, J.E.; MASSEY, B.H.; WILLIAMS, B.T.: The effect of physical training on the response of serum enzymes to exercise stress. *Med. Sci. Sports*, 1973, *5/2*: 86-88.
23. NUTTALL, F.Q.; JONES, B.: Creatine kinase and glutamic oxalacetic transaminase activity in serum: Kinetics of change with exercise and effect of physical conditioning. *J. Lab. Clin. Med.* 1968, *71*: 847-854.
24. NUVIALA, R.J.; GINER, A.; HORNO, J.; GÓMEZ, E.; MOLINER, J.; LAPIEZA, M.G.: Variaciones enzimáticas tras una prueba cicloergométrica en una población adolescente activa. *Arch. Med. Dep.*, 1986, *2/8*: 327-334.
25. ROSE, L.I.; BOUSSER, J.E.; COOPER, K.H.: Serum enzymes after marathon running. *J. Appl. Physiol.*, 1970, *29/3*: 355-357.
26. SHAPIRO, Y.; MAGAZANIK, A.; SOHAR, E.; REICH, C.B.: Serum enzyme changes in untrained subjects following a prolonged march. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 1972, *51*: 271-357.
27. SIEST, G.; GALTEAU, M.M.: Variations of plasmatic enzymes during exercise. *Enzyme*, 1974, *17*: 179-195.
28. SKEGGS, L.T.; HOCHSTRASSER, H. Jr.: Multiple automatic sequential analyses. *Clin. Chem.*, 1964, *10*: 918-936.
29. SPITLER, 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.*, 1984, *16/4*: 366-370.
30. 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.*, 1965, *43*: 517-531.
31. THOMSON, W.H.S.; SWEETIN, J.C.; HAMILTON, I.J.D.: ATP and muscle enzyme efflux after physical exertion. *Clin. Chim. Acta*, 1975, *59*: 241-245.
32. WEISSHAAR, D.; GOSSRAU, E.; FADERL, B.: Normbereiche con alpha-HBDH, LDH, AP und LAP bei messung mit substrat-optimierten testansätzen. *Med. Welt.*, 1975, *26/9*: 387-392.

33. WÜRZBURG, U.; HENNRICH, N.; LANG, H.: Bestimmung der aktivität von creatinkinase MB in serum unter verwendung inhibierender antikörper. *Klin. Wschr.*, 1976, 54/8: 357-360.

34. YASMINEH, W.G.; IBRAHIM, G.A.; ABBASNEZHAD, M.; AWAD, E.A.: Isoenzyme distribution of creatinine kinase and lactate dehydrogenase in serum and skeletal muscle in Duchenn muscular dystrophy collagen disease, and other muscular disorders. *Clin. Chem.*, 1978, 24: 1985-1989.

