

## Fisiología metabólica de la Vuelta Ciclista a Extremadura

Dr. Mena, P., Dr. Maynar, M., Dr. Gutiérrez, J.M., Dr. Campillo, J.E.

Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina.  
Universidad de Extremadura. Badajoz.

### RESUMEN

Se han estudiado procesos de lipoperoxidación y otros parámetros bioquímicos en un grupo de 15 ciclistas profesionales a lo largo de una vuelta de 500 Km. en 4 días. La actividad superóxido dismutasa eritrocitaria sufre una disminución moderada, mientras que la concentración del ácido araquidónico se eleva al doble en plasma.

La concentración de iones y la osmolalidad se mantuvieron constantes salvo en los niveles de potasio, donde se dio un aumento significativo. Se observaron elevaciones muy significativas en el nitrógeno ureico y sobre todo de ácido úrico. Asimismo, se registraron elevaciones en los niveles de las GOT y GPT y en la LDH, pero no en la GGT.

**Palabras clave:** Deporte, lipoperoxidación, superóxido dismutasa, bioquímica.

### RESUME

Nous avons étudié des processus de lipoperoxydation et d'autres paramètres biochimiques dans un groupe de quinze cyclistes pendant un tour de 4 jours. Nous observons une élévation de HDL-cholestérol et une diminution des triglycérides et phospholipides plasmatiques.

L'activité superoxyde dismutase des erythrocytes diminue modérément et la concentration de acide araquidonique plasmatique double, se élevant les indices de acide araquidonique/acide palmitique et acide araquidonique/acide estearique.

Les concentrations ioniques et la osmolalité restent constants except une élévation du potasémie ainsi que les taux plasmatiques des protéines totales et de l'albumine. Nous avons constaté des élévations significatives du taux plasmatiques de l'urée et l'acide urique et des enzymes AST, ALT et LDH.

**Mots clé:** Sport, lipoperoxydation, superoxyde dismutase, biochimie.

### SUMMARY

It has been investigated the lipid peroxidation and the modification of various plasma parameters in 15 cycle racers at the beginning and at the end of a 500 Km race in four days.

The erythrocyte superoxide dismutase (SOD) activities was reduced and the arachidonic acid plasma levels was increased at the end of the race versus values measured at the beginning. A significant increase in plasma potassium levels was observed at the end of the race without any significant change in the others electrolytes and osmolality measured.

Plasma urea nitrogen, uric acid and the enzymes AST, ALT and LDH were significantly increased at the end of the race. In conclusion, the presented results shown that the professional bicycle race produces significant changes in various biochemical parameters that could influence the performance and recuperation of the runner.

**Key words:** Sport, lipoperoxidation, superoxide dismutase, biochemistry.

## INTRODUCCION

El acto fisiológico primario del ejercicio físico es la contracción muscular; sin embargo, el resto de los sistemas corporales juegan un importante papel de apoyo, por lo que se necesita de una serie de adaptaciones entre las cuales se hallan las metabólicas. Ello se refleja con mayor intensidad en deportes que, como el ciclismo, requieren de un gran esfuerzo físico. Una vuelta ciclista supone para el deportista un gran esfuerzo que se va a reflejar en cambios en diversos parámetros bioquímicos.

Paralelamente a ello y debido a que el ciclismo es un deporte básicamente aerobio, existe una elevada tasa de consumo de oxígeno y presumiblemente se eleva también la producción de radicales libres de oxígeno, los cuales sabemos que son muy tóxicos para la célula<sup>(1)</sup>; debido a ello pueden ocasionarse cambios en los sistemas enzimáticos que protegen contra dichos radicales<sup>(2)</sup>.

Así se han demostrado cambios en las enzimas superóxido dismutasa, glutatión, peroxidasa, catalasa y glutatión reductasa, tanto en humanos como en ratas tras el ejercicio<sup>(3,4,5)</sup>.

Parece por tanto que el ejercicio físico de tipo aerobio da lugar a una producción elevada de radicales libres que pueden ser el origen de procesos de envejecimiento y degenerativos en el deportista. Por todo ello, nuestro objetivo es estudiar los cambios en diversos parámetros bioquímicos así como los fenómenos de lipoperoxidación inducida por radicales libres de oxígeno en un deporte que se caracteriza por su dureza como es el ciclismo.

## MATERIAL Y METODOS

Se seleccionó para el estudio a un grupo de 15 ciclistas profesionales que corrieron en una vuelta durante 4 días. Tanto al comienzo como al final de la prueba deportiva se llevó a cabo una extracción de 10 ml de sangre venosa anticoagulada con 1 ml de EDTA (4,5 mM en NaCl 1,3 mM, pH 7,4). La sangre se centrifuga a 2.500 rpm durante 10 m para separar el plasma de los eritrocitos.

En los eritrocitos se determinó la actividad de la enzima superóxido dismutasa por el método de la xantina-xantina oxidasa<sup>(6)</sup>.

Se determinó la peroxidación lipídica en plasma midiendo la desaparición de ácidos grasos poliinsaturados mediante cromatografía de gases. Se realiza en primer lugar una extracción de lípidos plasmáticos por el método de Folch<sup>(7)</sup>; a 1 ml de plasma se le añaden 20 ml de una mezcla de cloroformo y metanol 2:1, agitándose posteriormente; a continuación se filtra en papel deslipizado Wathman 1PS y al filtrado se le añaden 6 ml de agua destilada. Se agita la mezcla enérgicamente durante 10 minutos y después de dejarlo reposar se separa la fase inferior que se seca a 37° C en corriente de N<sub>2</sub>, obteniéndose un residuo seco que contiene los lípidos totales. A partir de ellos se obtienen los ésteres metílicos de los ácidos grasos totales mediante saponificación con 3 ml de NaOH/Metanol 0.5 N a 90-100° C con refrigeración y posterior metilación añadiéndole 2 ml de HCl/Metanol al 5% durante 5 minutos a la misma temperatura con refrigeración, los ésteres metílicos de los ácidos grasos se extraen con n-hexano y se secan en corriente de N<sub>2</sub>. El residuo seco se redisuelve en 400 ul de n-hexano conteniendo 2 mg/ml de un decanato de metilo como patrón interno y se toman 2 ul que se someten a cromatografía de gases.

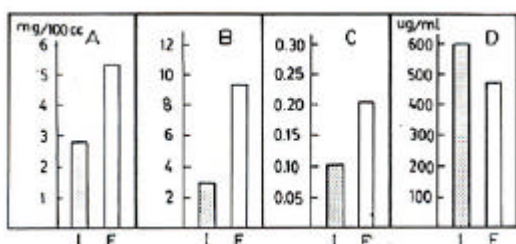
En plasma se determinaron asimismo los niveles iniciales y finales de colesterol total, colesterol en HDL, triglicéridos y fosfolípidos usando para ello kits de la Böehringer Mannheim.

Mediante un sistema automatizado se midieron en plasma la glucemia, nitrógeno ureico, creatinina, ácido úrico, iones (fósforo, sodio, cloro, potasio), osmolalidad, proteína total, albúmina, bilirrubina (total y conjugada), transaminasas [glutamato-oxalacetato transaminasa (GOT), glutamato-piruvato transaminasa (GPT) y gamma-glutamil tranferasa (CGT)] y lactato deshidrogenasa (LDH).

Los resultados están expresados en forma de media y se realizó un análisis estadístico mediante el test de WILCOXON para muestras apareadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la figura 1, la diferencia más significativa se encuentra en los niveles de ácido araquidónico antes y después de la prueba, ya que su concentración prácticamente se duplica al final de la vuelta ciclista.



**FIGURA 1.-** Concentraciones de ácido araquidónico plasmáticas (A) y actividad superóxido dismutasa eritrocitaria (D) antes y después de la prueba deportiva. También se muestra la evolución de los índices ác. araquidónico/ác. palmítico (C) y ác. araquidónico/ác. esteárico (B). La concentración de la superóxido dismutasa está expresada en ug de enzima/ml de eritrocitos. I = inicio. F = final de vuelta.

Asimismo, el índice ácido araquidónico/ácido palmítico aumenta de 0.102 a 0.203 (inicial y final respectivamente) y lo mismo ocurre con el índice ácido araquidónico/ácido esteárico, el cual pasa de 2.95 a 9.32).

La actividad superóxido dismutasa eritrocitaria sufre sin embargo una disminución tras la prueba deportiva ( $p < 0,01$ ).

En contraste con los resultados de otros autores<sup>(3,4,5)</sup> donde se muestran elevaciones de las actividades glutatión reductasa y catalasa eritrocitarias y hepáticas, se detecta una disminución, aunque moderada, de poco más de un 20 %, en la actividad superóxido dismutasa de eritrocitos tras la prueba deportiva. Es posible que la protección frente a radicales libres de oxígeno en el caso que nos ocupa no transcurra a través de este enzima y sí a través de otros sistemas enzimáticos como la glutatión peroxidasa y la catalasa; en este sentido estas enzimas deben ser investigadas en posteriores trabajos.

El otro punto importante, la duplicación de la concentración plasmática de ácido araquidónico y la elevación concomitante de los índices ác. araquidónico/ác. palmítico y ác. araquidónico/ác. esteárico indican la ausencia de procesos de peroxidación lipídica tras la prueba deportiva. La elevación de la concentración de ácido araquidónico puede ocurrir por dos mecanismos, bien por inducción de la actividad 6-desaturasa como consecuencia del ejercicio o bien como consecuencia de la hidrólisis de triglicéridos y fosfolípidos, principalmente de éstos, cuyo consumo eleva el pool de ácido araquidónico plasmático, el cual no es utilizado habitualmente como combustible.

En cualquier caso faltan evidencias que indiquen la existencia de lipoperoxidación en este tipo de ejercicio. Quizás, el hecho de que se trate de sujetos entrenados tiene gran importancia a la hora de prevenir procesos de lipoperoxidación.

Al final de la vuelta el colesterol no sufre ningún cambio significativo y, como era de esperar, el colesterol en HDL se eleva significativamente ( $p < 0,01$ ) (Tabla I).

Como se observa en la tabla I, tanto los triglicéridos como los fosfolípidos plasmáticos sufren una disminución, siendo ésta muy significativa en el caso de los triglicéridos, los cuales disminuyen a la mitad de su concentración inicial.

Parámetro	C. Inicial	C. Final	Signific.
Glucemia	62,70	66,31	n.s.
Colest. total	87,13	96,15	n.s.
Colest. HDL	54,73	65,00	$p < 0.01$
Triglicéridos	63,40	31,54	$p < 0.001$
Fosfolípidos	123,00	99,00	$P < 0.05$
Nitrog. ureico	17,87	23,08	$P < 0.001$
Ac. úrico	4,69	5,99	$p < 0001$
Creatinina	0,95	1,02	n.s.
Bilirrubina tot.	0,27	0,21	n.s.
Bilirrubina conj.	0,09	0,05	$p < 0.05$
Todas las concentraciones están expresadas en mg/100 ml.			
<b>TABLA I-</b> Valores de diversos parámetros bioquímicos antes y después de la vuelta ciclista.			

Como se observa en la tabla I, no se detectan cambios entre el inicio y el final de la vuelta en los niveles de glucemia, creatinina y bilirrubina total. Se registran sin embargo elevaciones en los niveles plasmáticos de nitrógeno ureico ( $p < 0.001$ ) y de ácido úrico ( $p < 0.001$ ) y una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) de la bilirrubina conjugada al final de la prueba deportiva.

En cuanto a la concentración de proteínas plasmáticas (tabla II), no se observan cambios ni en la concentración de proteínas totales ni en la de albúmina. Asimismo, la osmolalidad se mantiene invariable.

Parámetro	C. Inicial	C. Final	Signific.
Fósforo (mg%)	3,71	3,12	n.s.
Sodio (mEq/l)	158,00	151,69	P < 0001
Potasio (mEq/l)	4,37	9,55	p < 0001
Cloro (mEq/l)	101,80	101,80	n.s.
Prot. tot. (g%)	6,18	6,21	n.s.
Albumina (g%)	3,65	3,72	n.s.
Osmolal. (mOs/Kg)	333,90	333,30	n.s.
GOT (mU/ml)	17,13	29,38	p < 001
GPT (mU/ml)	25,80	33,54	p < 002
GGT (mU/ml)	4,00	4,00	n.s.
LDH (mU/ml)	176,50	244,30	p < 001

**TABLA II.-** Concentraciones iónicas y enzimáticas antes y después de la vuelta ciclista.

En la tabla II se muestran también los valores de las enzimas lactato deshidrogenasa (LDH) y de las transaminasas GOT, GPT y GGT. Con la excepción de la GGT, tienen lugar aumentos

significativos en los niveles de GOT ( $p < 0.01$ ), GPT ( $p < 0.02$ ) y LDH ( $p < 0.01$ ).

La evolución de las concentraciones plasmáticas de fósforo, potasio, sodio y cloro indican una pequeña disminución en la concentración de sodio y una gran elevación en la de potasio debido en gran parte a la ingesta de preparados ricos en este ión durante la vuelta.

Durante la prueba tienen lugar aumentos en el nitrógeno ureico y sobre todo en el ácido úrico, debido a la existencia de mecanismos que durante el ejercicio físico aumentan la uricemia<sup>(8)</sup> con los consiguientes problemas a nivel del aparato locomotor.

Finalmente, como muestran la GOT, GPT y LDH, tienen lugar destrucción de fibras musculares en este tipo de ejercicio indicado por la elevación de esas tres enzimas.

## BIBLIOGRAFIA

- HALLIWELL, B. & GUTTERIDGE, J.M.C. (1985). «Free radicals in biology and medicine», cap. 1 y 2, ppl-66, Oxford University Press, New York.
- HALLIWELL, B. & GUTTERIDGE, J.M.C. (1985). «Free radicals in biology and medicine», cap. 3, p. 67, Oxford University Press, New York.
- OHNO, H., SATO, Y., YAMASHITA, K., DOI, R., ARAI, K., KONDO, T. & TANIGUCHI, N. (1986), Can. J. Physiol. Pharmacol. 64 (9), pp. 1263-1265.
- HIGUCHI, M., CARTIER, L.J., CHEN, M., HOLLOSZY, J.O. (1985). J. Gerontol. 40 (3). p. 281-6.
- KISHIHARA, C. (1980). Hokkaido Igaku Zasshi. 55 (6), p. 575-585.
- FLOHE, L. & OTTING, F. (1984). «Superoxide dismutase assays». Methods in enzymology, vol. 105, pp. 93-105.
- COROMINAS, A. (1973). «Métodos cromatográficos». Los lípidos, laboratorio y clínica. Ed. Toray, cap. 4, p. 125.
- RIENZI, W. & RIENZI, E. (1986). Arch. Med. Dep. Vol. III, Num. 9., p. 7-10.
- ASTRAND, P. & RODAHL, K. (1985). «Fisiología del trabajo físico». Ed. Panamericana.
- JUDET, H. & PORTE, G. (1986). «Medicina del ciclismo». Ed. Masson.

### Dirección para correspondencia

Dr. P. Mena  
Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina.  
Universidad de Extremadura 06071-Badajoz.