

## Hiperpotasemia y sus consecuencias electrocardiográficas en ciclistas profesionales al final de una vuelta ciclista

P. Mena\*, M. Maynar, J. M. Moreno, J. M. Gutiérrez y J. E. Campillo

Departamento de Fisiología  
Facultad de Medicina  
Universidad de Extremadura  
06071 Badajoz (España)

(Recibido el 26 de marzo de 1991)

P. MENA, M. MAYNAR, J. M. MORENO, J. M. GUTIÉRREZ and J. E. CAMPILLO. *Hyperpotasemia and its Electrocardiographic Consequences in Professional Cycle Racers at the End of Race*. Rev. esp. Fisiol., 49 (1), 55-58, 1992.

The plasma potassium levels were measured in 15 cyclists during the «Vuelta Ciclista al País Valenciano» (700 km, 6 days), both at the start and at the end of the last stage. Plasma potassium levels increased from  $4.3 \pm 1.9$  mmol/l (resting) to  $7.3 \pm 3.2$  mmol/l at the end of the stage. The increase in plasma potassium levels was related to changes in other plasma electrolyte levels and it led to electrocardiographic T wave and QRS abnormalities.

Key words: Hyperpotasemia, Electrocardiography, Exercise.

Es un hecho bien establecido que la práctica de ejercicio físico de una cierta intensidad se acompaña de aumento de los niveles de potasio plasmático (1, 6, 7). El incremento de la potasemia se relaciona con la intensidad del ejercicio realizado (1, 6), pudiéndose alcanzar niveles dobles sobre el nivel basal en reposo. En humanos, tras ejercicio al 110 % de su  $VO_{2max}$  durante tres minutos se miden concentraciones de potasio plasmático de 8 mmol/l (10). En caballos corriendo sobre cinta a

12 m/s, se obtienen hiperpotasemias de 7-8 mmol/l (1).

Los mecanismos responsables del aumento de la concentración de potasio en los líquidos extracelulares tras el ejercicio físico, son diversos y, en su mayor parte, no están bien definidos (1, 6, 7). Un aspecto interesante desde el punto de vista práctico, respecto al aumento de los niveles de potasio durante el ejercicio físico, es su posible relación con la aparición de la fatiga (1, 6), como consecuencia de las alteraciones que la hiperpotasemia produce en la excitabilidad celular.

En una publicación previa (8) hemos se-

\* A quien debe dirigirse toda la correspondencia. (Fax 924-274759).

ñalado que ciclistas participantes en la Vuelta Ciclista a Extremadura mostraban hiperpotasemias de 8 mmol/l al final de la última etapa. Dado el interés de este fenómeno para la práctica deportiva, hemos estudiado los niveles de potasio y otros electrolitos, así como las posibles manifestaciones electrocardiográficas de la hiperpotasemia en ciclistas participantes en la Vuelta Ciclista a la Comunidad Valenciana.

### Material y Métodos

El estudio se realizó en un total de 15 ciclistas participantes en la Vuelta Ciclista a la Comunidad Valenciana y 20 sujetos controles sanos no deportistas. Las muestras de sangre se extrajeron de una vena antecubital en tubos fríos conteniendo heparina de litio como anticoagulante. Tras centrifugar inmediatamente la sangre (2.500 rpm, 10 min, 4 °C) los plasmas se transportaron inmediatamente al laboratorio en contenedores a -20 °C. Alicuotas de plasma se guardaron congeladas a -70 °C hasta su análisis. De esta forma se obtuvieron dos muestras de cada ciclista, una en ayunas de una noche antes del comienzo de la vuelta y la segunda inmediatamente al final de la última etapa de la vuelta, antes de que el ciclista tomara alimentos.

Los diferentes electrolitos se determinaron en plasma mediante un sistema automatizado utilizando métodos de electrodo selectivo. Los valores de pH, pCO<sub>2</sub> y bicarbonato se determinaron mediante un analizador de gases (ABL 330 Radiometer, Copenhague, Dinamarca), obteniéndose las muestras con jeringas apropiadas (Preza-pak II, Terumo Corporation, Tokio, Japón).

Los niveles de hemoglobina plasmática se determinaron por el método de Drabkin. Las medidas electrocardiográficas se realizaron mediante un electrocardiógrafo portátil monocanal (Cardisumy 501D). Se

exploraron tanto las derivaciones bipolares como las monopares de los miembros y precordiales. Los valores controles se obtuvieron en un grupo de 20 sujetos sedentarios, sanos y no deportistas elegidos al azar entre el personal y los alumnos de la Facultad de Medicina.

La evaluación estadística de los resultados se realizó mediante el test de la t de Student para muestras no apareadas y el test de Wilcoxon para muestras autopareadas, según el caso. Todos los valores se expresan como medias con sus correspondientes desviaciones típicas.

### Resultados

Los niveles de potasio plasmático medidos al final de la etapa estudiada eran elevados y significativamente superiores a los medidos en condiciones de reposo (tabla I). Los niveles de sodio estaban también significativamente aumentados y la osmolaridad plasmática era superior, aunque las diferencias no eran significativas, al final de la vuelta con respecto a los va-

Tabla I. Niveles de electrolitos, osmolaridad y principales parámetros del equilibrio ácido-base al inicio y al final de una «vuelta ciclista».

Los resultados corresponden a un grupo de 15 ciclistas a los que se les analizaron estos parámetros en plasma antes del comienzo de la vuelta e inmediatamente tras el final de la última etapa.

Parámetros	Inicio	Final
Potasio (mmol/l)	4,30 ± 1,9	7,3 ± 3,2**
Sodio (mmol/l)	149,8 ± 6,6	166,5 ± 8,3**
Cloro (mmol/l)	93,9 ± 6,5	86,5 ± 6,7*
Osmolaridad (mOs/l)	326,8 ± 13,5	347,0 ± 20,4
pH	7,32 ± 0,02	7,27 ± 0,04
Bicarbonato (mmol/l)	25,6 ± 3,1	20,3 ± 2,5
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	61,9 ± 3,8	57,2 ± 3,92

\*p < 0,01; \*\*p < 0,001.

Tabla II. *Parámetros electrocardiográficos medidos en sujetos controles en reposo y en ciclistas al inicio y al final de una «vuelta ciclista».*

Todos los datos comparados con el control tuvieron una elevada significación de ( $p < 0,001$ ).

Parámetros	Controles (20)	Inicio (15)	Final (15)
Ritmo (lat/min)	70,9 ± 5,1	49,5 ± 4,1	50,2 ± 4,0
QRS (s)	0,075 ± 0,01	0,063 ± 0,02	0,063 ± 0,02
QRS (mV)	15,6 ± 3,0	20,0 ± 7,0	29,4 ± 9,0 <sup>a</sup>
QT (s)	0,21 ± 0,02	0,29 ± 0,03	0,29 ± 0,02
T (mV)	3,95 ± 0,85	17,1 ± 10,0	21,1 ± 12,7 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> $p < 0,01$  y <sup>b</sup> $p < 0,05$  respecto de sus grupos iniciales.

lores en reposo. Por el contrario, los valores de cloro, pH, bicarbonato y  $p\text{CO}_2$  eran discretamente inferiores al final de la etapa respecto de los valores de reposo. No se detectaron diferencias significativas ni en el hematocrito ni en el contenido sanguíneo de hemoglobina.

La tabla II muestra los datos electrocardiográficos más significativos encontrados en los ciclistas al inicio y al final de la vuelta ciclista en comparación con los encontrados en controles sedentarios. Aún tras unos minutos sólo del final de etapa, el ritmo cardíaco en los ciclistas es significativamente menor que en los controles. Al comparar los valores iniciales de los ciclistas con los controles se encontra-

ron diferencias altamente significativas en todos los parámetros. Se puede apreciar como la amplitud del QRS y de la onda T, parámetros ambos aumentados en las situaciones de hiperpotasemia, son mucho mayores en los ciclistas que en los controles y que están mucho más elevados al final de la vuelta, cuando tiene lugar la hiperpotasemia. En la figura 1 se muestran dos registros característicos de sujetos controles y ciclistas al final de etapa, destacando en los ciclistas la acentuada onda T característica de la hiperpotasemia.

## Discusión

Los resultados presentados confirman que los ciclistas, al final de la última etapa de una «vuelta», presentan una marcada hiperpotasemia (8). Los niveles encontrados están en el intervalo de lo observado por otros autores para otro tipo de ejercicio físico tanto en hombres como en animales (1, 4, 6, 7, 10). En los estudios realizados con ejercicio de corta duración y elevada intensidad, los aumentos de potasio se atribuyen a la salida de potasio de las células, en respuesta a la acidosis, junto con una dificultad en la recaptación posiblemente por una inhibición de la bomba de sodio-potasio a nivel de la membrana de la célula muscular (2) y todo ello relacionado con un aumento del metabolismo anaeróbico.

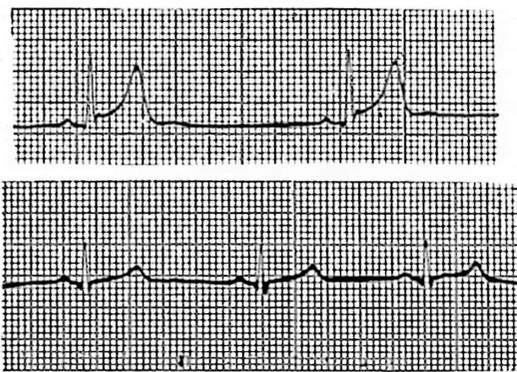


Fig. 1. *Trazados electrocardiográficos característicos de sujetos sedentarios en reposo (abajo) y de ciclistas al final de la «Vuelta» (arriba).*

Los resultados obtenidos en ciclistas pueden necesitar una explicación más compleja. En primer lugar, no se ha podido determinar si la hiperpotasemia observada es motivada exclusivamente por el *sprint* final de la vuelta o por el ejercicio mantenido durante toda la etapa, posiblemente contribuyan ambos. Por otra parte, se ha demostrado que el ejercicio físico de larga duración y moderada intensidad produce también un aumento de potasio, observándose, en ocasiones, la aparición de una meseta en su concentración plasmática (10). Se puede sugerir que en los ciclistas se produce una elevación de potasio que se mantiene dentro de unos límites relativamente constantes durante la etapa, incrementándose más con el esfuerzo del final.

Las modificaciones de otros electrolitos muestran variaciones significativas. Sin embargo, no registraron importantes modificaciones los relacionados con el equilibrio ácido-base, aunque traducen la presencia de un cierto grado de acidosis al final de la etapa.

Los altos niveles de potasio extracelular se acompañan de importantes modificaciones de la excitabilidad celular (1, 6). Estas modificaciones quedan plasmadas en los resultados electrocardiográficos mostrados. De esta forma, la hiperpotasemia puede contribuir al conjunto de fenómenos que constituyen las bases fisiológicas de la fatiga (9). Un dato importante en este sentido es que la recaptación de potasio por las células musculares parece ser dependiente de receptores  $\beta$ -adrenérgicos (3). Esto podría explicar por qué sujetos que utilizan  $\beta$ -bloqueantes son más propensos a la fatiga durante la práctica de ejercicio físico (5). Por el contrario, agentes  $\beta$ -agonistas podrían disminuir la fatiga al facilitar la recaptación de potasio y niveles menores en el compartimiento extracelular.

En suma, durante la práctica del ciclismo a nivel profesional se producen elevaciones del potasio plasmático que pro-

ducen alteraciones de la excitabilidad celular, al menos a nivel de la célula muscular cardíaca.

#### Agradecimientos

El presente estudio se ha realizado con una ayuda de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (DEP-88-0760). Los autores quieren expresar su agradecimiento a los ciclistas por su participación en el presente estudio.

#### Resumen

Se estudian los niveles de potasio plasmático en 15 ciclistas participantes en la Vuelta Ciclista al País Valenciano, en reposo y al final de la última etapa. La potasemia se eleva desde valores en reposo de  $4,30 \pm 1,9$  mmol/l a  $7,3 \pm 3,2$  mmol/l al final de la última etapa. Las elevaciones de potasio se acompañan de cambios significativos en otros electrolitos y se traduce en manifestaciones características en el ECG, como aumento de amplitud de la onda T y del QRS.

Palabras clave: Hiperpotasemia, Ejercicio, Electrocardiograma.

#### Bibliografía

1. Harris, P. y Snow, D. H.: *Equine Vet. J.*, 20, 109-113, 1988.
2. Hirche, H., Schumacher, E. y Hagemann, H.: *Pflügers Arch.*, 387, 231-237, 1980.
3. Katz, A., Sahlin, K. y Juhlin-Dannfelt, A.: *J. Appl. Physiol.*, 59, 336-341, 1985.
4. Kuhlmann, W. D., Hodgson, D. S. y Fedde, M. R.: *J. Appl. Physiol.*, 58, 1273-1280, 1985.
5. Kullmer, T. y Kinderman, W.: *Eur. J. Appl. Physiol.*, 54, 350-354, 1985.
6. Marcos, E. y Ribas, J.: *Rev. Inv. Doc. Cien. Ed. Fis. Dep.*, 9, 85-101, 1988.
7. Medbo, J. I. y Sejersted, O. M.: *Acta Physiol. Scand.*, 125, 97-109, 1985.
8. Mena, P., Maynar, M., Gutiérrez, J. M. y Campillo, J. E.: *Arch. Med. Dep.*, 5, 233-236, 1988.
9. Sjogaard, G., Adams, R. P. y Saltin, B.: *Am. J. Physiol.*, 248, 190-196, 1985.
10. Vollestad, N. K. y Sejersted, O. M.: *Clin. Physiol.*, 5, 151, 1985.