

# Efectos de la cafeína en parámetros máximos aeróbicos y anaeróbicos

MARCOS MAYNAR MARIÑO<sup>1</sup>,  
GUILLERMO JORGE OLCINA  
CAMACHO<sup>2</sup>, DIEGO MUÑOZ MARÍN<sup>2</sup>,  
PEDRO ÁNGEL ÁVILA FERNÁNDEZ<sup>2</sup>,  
RAFAEL TIMÓN ANDRADA<sup>3</sup>

1. Doctor en Medicina y Cirugía.  
Profesor titular de Universidad.

2. Licenciado en Ciencias de la  
Actividad Física y el Deporte.  
Doctorando en Fisiología.

3. Licenciado en Ciencias de la  
Actividad Física y el Deporte.  
Profesor ayudante de Universidad.

**CORRESPONDENCIA:**

Marcos Maynar Mariño  
Facultad de las Ciencias del Deporte.  
Departamento de Fisiología.  
Universidad de Extremadura  
Avenida de la Universidad s/n 10071. Cáceres  
Teléfono: 927/257100 Ext: 7835  
Fax: 927/257461  
e-mail: mmaynar@unex.es

**RESUMEN:** El presente trabajo trata de determinar si realmente la cafeína tiene algún efecto ergogénico, tanto en pruebas aeróbicas como anaeróbicas, y poder así contribuir a clarificar los efectos de esta sustancia sobre el rendimiento deportivo sin sobrepasar los niveles permitidos en los controles antidopaje (12 µg/ml) en orina. Para ello se ha hecho un estudio a doble ciego con sujetos no deportistas, no consumidores habituales de cafeína y varones, donde se repetían situaciones idénticas con la salvedad de la administración de una dosis óptima de cafeína, 4 mg/kg de peso, en una de ellas. Las pruebas de laboratorio elegidas fueron un test de Wingate para la valoración de parámetros anaeróbicos, y una prueba ergoespirométrica incremental máxima en cicloergómetro con un protocolo en escalón de dos minutos de duración cada uno, utilizando un analizador de gases para estudiar los parámetros aeróbicos. A modo de resultados apreciamos que en la prueba anaeróbica no existieron mejoras en el rendimiento con valores prácticamente similares en ambas pruebas, poniendo en duda el efecto ergogénico de la cafeína a nivel anaeróbico. Sin embargo sí que encontramos mejoras de rendimiento en la prueba aeróbica bajo la ingesta de cafeína, puesto que se produjeron aumentos del consumo máximo de oxígeno relativo, frecuencia cardiaca, respiratoria, así como del volumen de CO<sub>2</sub> y espirado, atribuyendo estas mejoras a un incremento en la movilización de ácidos grasos en las fases iniciales del esfuerzo, retardo en la utilización de glucógeno muscular, modificación de la percepción subjetiva del esfuerzo y aumento de la actividad del sistema nervioso central. Cabe destacar que con la dosis de cafeína empleada, ninguno de los sujetos sobrepasó los límites permitidos para dar positivo en un control antidopaje.

**PALABRAS CLAVE:** cafeína, aeróbico, anaeróbico, ayuda ergogénica, doping.

**SUMMARY.** This work tries to establish if caffeine really has any ergogenic effect, both in aerobics and anaerobics tests, and to contribute in this way to clarifying the influence of this substance on sporting performance without exceeding the maximum level allowed in tests aimed to detect its presence in urine (12 µg/ml). We have therefore carried out a double blind research with male individuals who do not practise sport and are not regular consumers of caffeine, and in identical situations with the exception of the administration of a 4 mg/kg dose of caffeine to one of them.

The laboratory tests chosen were a Wingate test to check anaerobics parameters, and a maximum ergoespirometric increasing test with an interval of two minutes, using a gas analyser to study aerobics parameters.

In the results we appreciated that no performance improvement was checked in the anaerobics test, with almost similar values in both tests, thus casting doubt on the ergogenic effect of caffeine in the anaerobic aspect. However, we do check performance improvement in the aerobic test after the ingestion of caffeine, since there was an increase in the relative maximum oxygen consumption, breathing frequency and heart throbbing frequency, as well as in the volume of exhaled CO<sub>2</sub>, ascribing this improvement to an increase in the mobilization of free fatty acids in the initial steps of effort, delay in the use of muscle glucose, modification of the subjective perception of effort, and increase of the activity of the central nervous system. We wish to emphasize that with the dose of caffeine mentioned above, none of the individuals exceeded the maximum level allowed.

**KEY WORDS:** Caffeine, aerobic, anaerobic, ergogenic aid, doping.

## INTRODUCCION

Bien es sabido que la cafeína es una ayuda ergogénica<sup>(1-3)</sup> que permite aumentar el rendimiento en deportes aeróbicos gracias principalmente a la mayor movilización de ácidos grasos que permiten preservar las reservas de glucógeno muscular<sup>(4-8)</sup> y a su acción sobre el sistema nervioso central<sup>(8-9)</sup>, así como en deportes anaeróbicos debido al retardo en el tiempo de extenuación<sup>(10)</sup>, mayores concentraciones de lactato en sangre<sup>(11)</sup> y aumento de la deuda de oxígeno<sup>(12)</sup>. Mediante la realización de este trabajo, hemos tratado de comprobar si realmente existe una mejora en el rendimiento deportivo mediante la comparación de dos situaciones idénticas reflejadas en un test de wingate y una prueba ergoespirométrica máxima, administrando cafeína y placebo.

## MATERIAL Y METODO

La experimentación está basada en un estudio a doble ciego en el cual los sujetos deben realizar una prueba aeróbica y otra anaeróbica, desconociendo, por tanto, los sujetos experimentales bajo que condiciones se encontraban.

La prueba aeróbica consistía en una ergoespirometría máxima sobre cicloergómetro (Ergo-metrics 900 de Ergo-line®) con un protocolo ascendente en escalón, partiendo con 100 watos de carga e incrementando esta cada dos minutos en 50 watos hasta los 300 watos donde la carga incrementaba de 25 en 25 watos. La respuesta fisiológica en parámetros ergoespirométricos era controlada mediante un analizador de gases (MGC, model nº 762014-102) y un pulsómetro (Polar® "Sport Tester") con interface (Polar® Advantage interface). Las pruebas se llevaron a cabo con un intervalo temporal de tres días, empezando con las mediciones anaeróbicas, con el objetivo de favorecer la recuperación de los sujetos y eliminar posibles adaptaciones al esfuerzo. Por tanto cada sujeto realizaba cuatro pruebas en un periodo de dos semanas.

La muestra experimental fue de veinte sujetos no deportistas habituales, no consumidores de cafeína y varones. Las características del grupo de estudio vienen recogidas en la tabla 1.

**Tabla 1** Características de la muestra experimental.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA EXPERIMENTAL						
Edad	Altura	Peso	% Muscular	% Graso	% Óseo	% Residual
20,91	175,27	71	53,52	10,11	12,26	24,1
±1,31	±6,1	±5,52	±1,51	±1,09	±0,96	0

La prueba anaeróbica se realizaba mediante un test de Wingate sobre un cicloergómetro Monark 834 E. Tras un calentamiento de 5' con un tercio de la carga, el sujeto comenzaba un esfuerzo máximo de 30" de duración con una carga proporcional a su peso ( $C = 0.075 \times \text{peso del sujeto}$ ), donde el resultado se expresaba en forma de potencia (Watos).

La dosis de cafeína se ingería una hora antes de la prueba, con una cantidad de 4 mg/kg de peso, puesto que a par-

tir de 5 mg / kg de peso no parece incrementarse los efectos ergogénicos de la misma<sup>(13-15)</sup>. Tras finalizar cada prueba se recogía la primera orina para chequear los valores de cafeína y su relación con un "positivo" en control antidopaje. La cantidad debía ser menor de 12 µg/ml de orina, siendo ésta analizada en HPLC bajo la técnica de patrón externo.

Los parámetros estudiados en cada una de las pruebas eran los siguientes:

PRUEBA AERÓBICA	PRUEBA ANAERÓBICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Consumo de O<sub>2</sub> máximo relativo (VO<sub>2</sub> max)</li> <li>&gt; Volumen de CO<sub>2</sub> máximo (CO<sub>2</sub> max)</li> <li>&gt; Volumen espirado máximo (VE max)</li> <li>&gt; Cociente respiratorio máximo (RER max)</li> <li>&gt; Frecuencia respiratoria máxima (RR max)</li> <li>&gt; Frecuencia cardiaca máxima (HR max)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Potencia máxima absoluta</li> <li>&gt; Potencia máxima relativa</li> <li>&gt; Potencia media absoluta</li> <li>&gt; Potencia media relativa</li> <li>&gt; Índice de fatiga</li> </ul>

Finalmente, los resultados fueron analizados mediante el estadístico Statgraf representándose los valores según su media  $\pm$  desviación estándar. Para la comparación de los grupos se utilizó el test de Wilcoxon para muestras autopareadas.

## RESULTADOS

En la tabla 2, se muestran los resultados ergoespirométricos obtenidos durante las pruebas realizadas, que están ex-

presados bajo los siguientes conceptos: consumo de oxígeno máximo relativo ( $VO_2$  max) medido en ml/kg/min, volumen de dióxido de carbono absoluto ( $VCO_2$  max) medido en ml/min, volumen espirado (VE max) l/min, frecuencia respiratoria máxima (RR max) medida en respiraciones por minuto, cociente respiratorio máximo (RER max) y frecuencia cardíaca máxima (FC max) medida en pulsaciones por minuto.

**Tabla II** Resultados obtenidos en parámetros aeróbicos (\*  $p < 0.05$ )

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA AEROBICA								
	Tiempo	Potencia (w)	FC max	$VO_2$ max	$VCO_2$ max	VE max	RR	RER max
PLACEBO	14'53'' $\pm 4'35''$	300 $\pm 59.94$	187.00 $\pm 7.39$	43.15 $\pm 5.05$	3424 $\pm 481.20$	127.88 $\pm 21.28$	53.38 $\pm 9.59$	1.26 $\pm 0.12$
CAFEÍNA	15'30''* $\pm 4'54''$	305.5* $\pm 58.33$	191.85* $\pm 4.85$	55.29* $\pm 7.01$	4440* $\pm 540.08$	153.50* $\pm 16.01$	63.50* $\pm 8.05$	1.16* $\pm 0.07$

En dicha tabla podemos observar como la toma de cafeína produjo un aumento estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) en todos los parámetros ergoespirométricos, excepto en el RER en el que se produjo un descenso estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ).

En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos en la prueba anaeróbica, que son expresados bajo los conceptos de: potencia máxima absoluta (PMA), potencia máxima relativa (PMR), potencia media absoluta (PMEA), potencia media relativa (PMER) e índice de fatiga (IF), midiéndose todos en vatios.

**Tabla III** Resultados obtenidos en parámetros anaeróbicos.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA ANAERÓBICA					
	PMA	PMR	PMEA	PMER	IF
PLACEBO	668 $\pm 91,90$	9,46 $\pm 0,94$	532,45 $\pm 59,28$	7,55 $\pm 0,70$	39,88 $\pm 7,02$
CAFEÍNA	673 $\pm 97,11$	9,54 $\pm 1,12$	535,70 $\pm 73,31$	7,58 $\pm 0,73$	40,66 $\pm 9,43$

Los resultados que se derivan de la prueba anaeróbica parecen indicar que la ingesta de cafeína no produce aumentos estadísticamente significativos en ninguno de los parámetros analizados.

## DISCUSIÓN

Atendiendo a los resultados hallados en este estudio, podemos afirmar que la cafeína, administrada en dosis de 4 mg/kg de peso, tiene efectos ergogénicos sobre el rendimiento aeróbico. Permite conseguir mayores niveles de consumo

máximo de oxígeno ( $VO_2$  max), pudiendo ser debido al retardo en la utilización de glucógeno muscular como consecuencia de una mayor movilización de ácidos grasos en las fases iniciales del ejercicio, tal y como concluyeron Chelsey A & Col<sup>(6)</sup>, (1998); Martin CA & Col<sup>(5)</sup> (1998); Dodd SL & Col<sup>(6)</sup> (1993); Spriet LL & Col<sup>(7)</sup> (1992); Bangsboo J & Col<sup>(8)</sup> (1992), lo que permite un aumento en el tiempo de extenuación (Trice I, Haymes EM<sup>(10)</sup> 1995). También parece confirmarse el aumento de la actividad de catecolaminas que estimulan el sistema nervioso central, Bangsbo J & Col<sup>(8)</sup>

(1992), Jackman M & Col <sup>(9)</sup> (1996); reflejándose en un aumento del volumen de CO<sub>2</sub>, frecuencia respiratoria (RR) y volumen espirado (VE). Pensamos que el aumento de los valores máximos reflejados en la prueba aeróbica, puede ser inducido en parte por una modificación en la percepción del esfuerzo, siendo éste percibido livianamente por el individuo. Cole KJ & Col <sup>(16)</sup>, (1996).

Sin embargo, respecto a la prueba anaeróbica, en nuestro estudio no se han apreciado modificaciones en el rendimiento, tan sólo un leve aumento en los parámetros de potencia expresados, pero que no resultan concluyentes para destacar

el poder ergogénico de la cafeína en este tipo de pruebas, como bien reseñaban Graham TE & Col <sup>(17)</sup> (1998); Collomp K & Col <sup>(18)</sup>, (1991).

Al finalizar este estudio hemos podido apreciar que los resultados obtenidos coinciden con la mayoría de estudios publicados, pero no queda tan claro cuales son los factores, o en que proporción influyen, para hacer de la cafeína una sustancia ergogénica. Por este motivo sería interesante indagar en los mecanismos internos del metabolismo aeróbico y anaeróbico para garantizar o confirmar una explicación más objetiva de este fenómeno.

## Bibliografía

- Williams MH. *The ergogenics edge: pushing the limits of sports performance*. Human Kinetics. Champaign, IL. 1998.
- Mc Ardle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance*. Lea & Febiger. Philadelphia. 1986.
- Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of sports and exercise*. Human Kinetics. Champaign, IL. 1996.
- Chelsey A, Howlett RA, Heigenhauser GJF, Hultman E, Spriet LL. "Regulation of muscle glycogenolytic flux during intense aerobic exercise after caffeine ingestion". *Am J Physiol*; 275, (Aug 1998):R596-603.
- Kaminsky LA, Martin CA, Whaley MH. "Caffeine consumption habits do not influence the exercise blood pressure following caffeine ingestion". *Journal Sports Med Phys Fitness*; 38(1) (Mar 1998):53-8.
- Dodd SL, Herb RA, Powers SK. "Caffeine and exercise performance. An update". *Sports Med*; 15(1) (Jan 1993):14-23.
- Spriet LL, MacLean DA, Dyck DJ, Hultman E, Ceberblad G, Graham TE. "Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans". *Am J Physiol*; (262 Jun 1992): E891-8.
- Bangsbo J, Jacobsen K, Nordberg N, Christensen NJ, Graham T. "Acute and habitual caffeine ingestion and metabolic responses to steady-state exercise". *J Appl Physiol*; 72(4) (Apr 1992): 1297-303.
- Jackman M, Wendling P, Friars D, Graham TE. "Metabolic catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise". *J Appl Physiol*; 81 (4) (Oct 1996): 1658-63.
- Trice I, Haymes EM. "Effects of caffeine ingestion on exercise-induced changes during high intensity, intermittent exercise". *Int J Sport Nutr*; 5(1) (Mar 1995): 37-44.
- Anselme F, Collomp K, Mercier B, Ahmaidi S, Prefaut C. "Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration". *Eur J Appl Physiol*; 65(2) (1992) 188-91.
- Doherty M. "The effects of caffeine on the maximal accumulated oxygen deficit and short-term running performance". *Int J Sport Nutr*; 8(2) (Jun 1998): 95-104.
- Graham TE, Spriet LL. "Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise". *J Appl Physiol*; 71(6) (Dec 1991):2292-8.
- Hetzler RK, Warhaftig - Glynn N, Thompson DL, Dowling E, Wetman A. "Effects of acute caffeine withdrawal on habitual male runners". *J Appl Physiol*; 76(3) (Mar 1994): 1043-8.
- Fisher SM, McMurray RG, Berry M, Mar MH, Fosythe WA. "Influence of caffeine on exercise performance in habitual caffeine users". *Int J Sports Med*; 7(5) (Oct 1986): 276-80.
- Cole KJ, Costill DL, Starting RD, Goodpaster BH, Trappe SW, Fink WJ. "Effect of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent work production". *Int J Sport Nutr*; 6(1) (Mar 1996): 14-23.
- Graham TE, Hibbert E, Sathasivam P. "Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion". *Journal of Applied Physiology*; 85(3) (Sep 1998): 883-9.
- Collomp K, Ahmaidi S, Audran M, Chanal JL, Prefaut C. "Effects of caffeine on performance and anaerobic metabolism during the Wingate test". *Int J Sports Med*; 12(5) (Oct 1991): 439-43.