

Efectes de la cafeïna en paràmetres màxims aeròbics i anaeròbics

MARCOS MAYNAR MARIÑO¹,
GUILLERMO JORGE OLCINA
CAMACHO², DIEGO MUÑOZ MARÍN²,
PEDRO ÀNGEL ÀVILA FERNÁNDEZ²,
RAFAEL TIMÓN ANDRADA³

1. Doctor en Medicina i cirurgia.
Professor titular d'Universitat
2. Llicenciat en Ciències de
l'Activitat Física i l'Esport.
Doctorant en Fisiologia
3. Llicenciat en Ciències de
l'Activitat Física i l'Esport.
Professor ajudant d'Universitat

CORRESPONDÈNCIA:
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: Aquest treball tracta de determinar si realment la cafeïna té algun efecte ergogènic, tant en proves aeròbiques com anaeròbiques i, així, poder contribuir a clarificar els efectes d'aquesta substància en el rendiment esportiu sense sobrepassar els nivells permesos en els controls antidopatge (12 µg/ml) en orina. Per això, s'ha realitzat un estudi a doble cec amb subjectes no esportistes, no consumidors habituals de cafeïna i homes, on es repetien situacions idèntiques llevat de l'administració d'una dosi òptima de cafeïna, 4 mg/kg de pes, en una d'elles. Les proves de laboratori escollides van ser un test de Wingate per a la valoració de paràmetres anaeròbics i una prova ergoespiromètrica incremental màxima en cicloergòmetre amb un protocol en esglaió de dos minuts de durada cadascun, utilitzant un analitzador de gasos per estudiar els paràmetres aeròbics. Com a resultat, apreciem que en la prova anaeròbica no es van obtenir millores en el rendiment amb valors pràcticament similars en ambdues proves, posant en dubte l'efecte ergogènic de la cafeïna a nivell anaeròbic. Tanmateix, si que trobem millores en el rendiment en la prova aeròbica sota la ingesta de cafeïna, donat que es van produir increments del consum màxim d'oxigen relatiu, de la freqüència cardíaca, de la respiratòria, així com en el volum de CO₂ espirat, atribuint aquestes millores a un augment en la mobilització d'àcids grassos en les fases inicials de l'esforç, retardat en la utilització de glucogen muscular, modificació de la percepció subjectiva de l'esforç i augment de l'activitat del sistema nerviós central. Cal destacar que amb la dosi de cafeïna emprada, cap dels subjectes va superar els límits permesos per donar positiu en un control antidopatge.

PALABRAS CLAVE: cafeïna, aeròbic, anaeròbic, ajuda ergogènica, dopatge.

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 CO₂, 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.

INTRODUCCIO

És sabut que la cafeïna és una ajuda ergogènica⁽¹⁻³⁾ que permet augmentar el rendiment en esports aeròbics gràcies, sobretot, a la major mobilització dels àcids grassos que permeten preservar les reserves de glucogen muscular⁽⁴⁻⁸⁾ i a la seva acció sobre el sistema nerviós central⁽⁸⁻⁹⁾, així com en esports anaeròbics degut al retard en el temps d'extenuació⁽¹⁰⁾, majors concentracions de lactac en sang⁽¹¹⁾ i augment del deute d'oxigen⁽¹²⁾. Mitjançant la realització d'aquest treball, hem intentat comprovar si realment existeix una millora en el rendiment esportiu mitjançant la comparació de dues situacions idèntiques reflectides en un test de Wingate i una prova ergoespiromètrica màxima, administrant cafeïna i placebo.

MATERIAL I METODE

L'experimentació està basada en un estudi a doble cec en el qual els subjectes han de realitzar una prova aeròbica i una altra anaeròbica desconexent en quines condicions es trobaven.

La prova aeròbica consistia en una ergoespirometria màxima sobre cicloergòmetre (Ergo-metrics 900 de *Ergo-line*®) amb un protocol ascendent en esgló, partint de 100 wats de càrrega i incrementant-la cada dos minuts amb 50 wats fins els 300 wats, moment a partir del qual s'incrementa de 25 en 25 wats. La resposta fisiològica en paràmetres ergoespiromètrics era controlada per un *analitzador de gasos* (MGC, model nº 762014-102) i un *pulsòmetre* (Polar® "Sport Tester") amb interface (Polar® Advantage interface). Les proves es van realitzar amb un interval temporal de tres dies, començant amb els mesuraments anaeròbics, amb l'objectiu d'afavorir la recuperació dels subjectes i eliminar possibles adaptacions a l'esforç. Per tant, cada subjecte realitzava quatre proves en un període de dues setmanes.

La mostra experimental va ser de vint subjectes no esportistes habituals, no consumidors de cafeïna i homes. Les característiques del grup d'estudi es recullen a la taula I.

Taula I Característiques de la mostra experimental

CARACTERISTIQUES DE LA MOSTRA EXPERIMENTAL						
Edat	Alçada	Pes	% Muscular	% Gras	% Ossi	% 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 prova anaeròbica es va realitzar mitjançant un test de Wingate sobre un cicloergòmetre Monark 834 E. Després d'un escalfament de 5' amb un terç de la càrrega, el subjecte començava un esforç màxim de 30" de durada amb una càrrega proporcional al seu pes ($C = 0,075 \times \text{pes del subjecte}$) on el resultat s'expressava en forma de potència (wats).

La dosi de cafeïna s'ingeria una hora abans de la prova, amb una quantitat de 4 mg/kg de pes, doncs a partir de 5

mg/kg de pes no sembla incrementar-se els efectes ergogènics de la mateixa⁽¹³⁻¹⁵⁾. Després de finalitzar cada prova es recollia la primera orina per comprovar els valors de cafeïna i la seva relació amb un "positiu" en control antidopatge. La quantitat havia de ser inferior a 12 µg/ml d'orina, essent analitzada en HPLC sota la tècnica de patró extern.

Els paràmetres estudiats en cadascuna de les proves eren els següents:

PROVA AEROBICA	PROVA ANAEROBICA
<ul style="list-style-type: none"> > Consum d'O₂ màxim relatiu (VO₂màx) > Volum de CO₂ màxim (CO₂màx) > Volum espirat màxim (Vemàx) > Quocient respiratori màxim (RERmàx) > Freqüència respiratòria màxima (RRmàx) > Freqüència cardíaca màxima (HRmàx) 	<ul style="list-style-type: none"> > Potència màxima absoluta > Potència màxima relativa > Potència mitja absoluta > Potència mitja relativa > Index de fatiga

Finalment, els resultats es van analitzar mitjançant l'estadístic Statgraf representant-se els valors segons la seva mitja \pm desviació estàndard. Per a la comparació dels grups es va utilitzar el test de Wilcoxon per a mostres autoaparellades.

RESULTATS

A la taula 2, es mostren els resultats ergoespiromètrics obtinguts durant les proves realitzades expressats sota els se-

güents conceptes: consum d'oxigen màxim relatiu (VO_2 màx) mesurat en ml/kg/min, volum de diòxid de carboni absolut (VCO_2 màx) mesurat en ml/min, volum espirat (VE màx) l/min, freqüència respiratòria màxima (RR màx) mesurat en respiracions per minut, quocient respiratori màxim (RER màx) i freqüència cardíaca màxima (FC màx) mesurada en pulsacions per minut.

Taula II Resultats obtinguts en paràmetres aeròbics (* $p < 0.05$)

RESULTATS OBTINGUTS EN LA PROVA AERÒBICA								
	Temps	Potència (w)	FC màx	VO_2 màx	VCO_2 màx	VE màx	RR	RER max
PLACEBO	14'53''	300	187.00	43.15	3424	127.88	53.38	1.26
	$\pm 4'35''$	± 59.94	± 7.39	± 5.05	± 481.20	± 21.28	± 9.59	± 0.12
CAFEÏNA	15'30''*	305.5*	191.85*	55.29*	4440*	153.50*	63.50*	1.16*
	$\pm 4'54''$	± 58.33	± 4.85	± 7.01	± 540.08	± 16.01	± 8.05	± 0.07

En aquesta taula podem observar com la ingesta de cafeïna va produir un augment estadísticament significatiu ($p < 0,05$) en tots els paràmetres ergoespiromètrics, excepte en el RER en el qual es va produir una davallada estadísticament significativa ($p < 0,05$).

A la taula 3, es mostren els resultats obtinguts en la prova anaeròbica que s'expressen sota els següents conceptes: potència màxima absoluta (PMA), potència màxima relativa (PMR), potència mitja absoluta (PMEA), potència mitja relativa (PMER) i índex de fatiga (IF), mesurant-se tots en wats.

Taula III Resultats obtinguts en paràmetres anaeròbics

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

Els resultats que es deriven de la prova anaeròbica semblen indicar que la ingesta de cafeïna no produeix increments estadísticament significatius en cap dels paràmetres analitzats.

DISCUSSIO

Segons els resultats trobats en aquest estudi, podem afirmar que la cafeïna administrada en dosis de 4 mg/kg de pes, té efectes ergogènics sobre el rendiment aeròbic. Permet aconseguir majors nivells de consum d'oxigen (VO_2), po-

dent ser degut al retard en la utilització de glucogen muscular com a conseqüència d'una major mobilització d'àcids grassos en les fases inicials de l'exercici com van arribar a la conclusió Chelsey A & col.⁽⁴⁾, (1998); Martin CA & col.⁽⁵⁾, (1993); Spriet Ll & col.⁽⁷⁾, (1992); Bangsboo J & col.⁽⁸⁾ (1992), el que va permetre un increment en el temps d'extenuació (Trice I, Haymes EM⁽¹⁰⁾ (1995). També sembla confirmar-se l'increment de l'activitat de catecolamines que estimulen el sistema nerviós central, Bangsboo J & col.⁽⁸⁾, (1992); Jackman M & col.⁽⁹⁾, (1996), reflectint-se en un augment del

volum de CO₂, freqüència respiratòria (RR) i volum espirat (VE). Pensem que l'augment dels valors màxims reflectits en la prova aeròbica, pot ser induït en part per una modificació en la percepció de l'esforç, tot i que aquest és percebut de forma lleu per l'individu, Cole KJ & col.⁽¹⁶⁾, (1996).

Tanmateix, respecte a la prova anaeròbica, en el nostre estudi no s'han apreciat modificacions en el rendiment, només un lleu augment en els paràmetres de potència expressats, però que no resulten conclouents per destacar el poder ergogènic de la cafeïna en aquest tipus de proves, tal i com

ho ressenyaven Graham TE & col.⁽¹⁷⁾, (1998); Collomp K & col.⁽¹⁸⁾ (1991).

En finalitzar aquest estudi hem pogut apreciar que els resultats obtinguts coincideixen amb la majoria d'estudis publicats, però no queda clar quins són els factors o en quina proporció influeixen per fer de la cafeïna una substància ergogènica. Per aquest motiu, seria interessant indagar en els mecanismes interns del metabolisme aeròbic i anaeròbic per garantir o confirmar una explicació més objectiva d'aquest fenomen.

Bibliografia

- 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 GJE, 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.