PubliCE, (PubliCE) 2004

Monograph

Efectos Fisiológicos de la Ingesta de Cafeína en Corredores de Cross Country

Larry J Birnbaum[1] y Jacob D Herbst[1]

[1]*Department of Exercise Physiology. The College of St. Scholastica. Duluth, MN 55811.*

RESUMEN

Este estudio determinó los efectos fisiológicos de la cafeína en corredores de cross country durante la realización de ejercicios submáximos. Diez sujetos universitarios (5 mujeres, 5 hombres) fueron voluntarios para participar en este estudio. Luego de completar un test para medir el VO_2 máx., cada sujeto realizó dos carreras de 30 minutos al 70% del VO_2 máx. en cinta ergométrica, una luego de ingerir cafeína y otra luego de ingerir placebo. Para la prueba con ingesta de cafeína se administro una dosis de 7mg/kg de peso corporal. La misma dosis de vitamina C fue utilizada como placebo. El orden de los tratamientos fue asignado aleatoriamente, y las pruebas siguieron un formato doble ciego. Los datos fisiológicos fueron analizados utilizando el análisis de varianza par mediciones repetidas (SPSS). El volumen corriente (Tv), la ventilación alveolar (Va) y el índice de esfuerzo percibido (RPE) fueron significativamente diferente entre los grupos tratamiento y control. Los resultados sugieren que la ingesta de cafeína con una dosis de 7mg/kg de peso corporal antes de una carrera submáxima puede proporcionar un modesto efecto ergogénico a través de la mejora de la eficiencia respiratoria y de una estimulación psicológica.

Palabras Clave: ayuda ergogénica, consumo de oxígeno, rpe, volumen corriente

INTRODUCCION

Numerosos investigadores han estudiado a la cafeína como una ayuda ergogénica. Se han reportado efectos ergogénicos significativos de la cafeína, tanto en la forma de incrementos en el consumo de oxígeno (VO_2) (7, 8), como en la forma de mejora del tiempo de rendimiento (2, 6, 18). Otros estudios no han reportado efectos significativos de la cafeína sobre el tiempo de rendimiento (3, 4, 17), VO_2 y/u otras variables fisiológicas (4, 19, 20). Estos resultados divergentes pueden ser parcialmente explicados por diferencias en la dosis de cafeína. Por ejemplo, en un estudio realizado por McNaughton (15), la administración de 15mg/kg de cafeína produjo una mejora significativa en el tiempo de rendimiento, pero una dosis de 10mg/kg no tuvo efectos. Estos resultados parecerían estar función de la dosis administrada. Sin embargo, algunos estudios que han utilizado una dosis relativamente baja de cafeína (aproximadamente 5mg/kg) no observaron efectos significativos (4, 11), mientras que otros estudios en donde se utilizaron dosis iguales o muy similares reportaron cambios significativos en el tiempo de rendimiento o en el VO_2 (6, 7, 18).

Los protocolos de ejercicio también variaron entre los estudios publicados. En algunos de los estudios los sujetos corrieron o realizaron ciclismo hasta el agotamiento, pero a diferentes intensidades de ejercicio (3, 4, 6, 15, 17, 18). En otros estudios los sujetos se ejercitaron por un período de tiempo establecido, a una intensidad fija (7, 8, 11, 18, 19, 20). Los

resultados de estos estudios no son consistentes, y por lo tanto no se puede discernir un patrón claro con respecto a los distintos protocolos de ejercicio y los efectos significativos de la administración de cafeína.

Otros factores que pueden contribuir a la variación en los resultados incluyen la utilización previa de cafeína por parte de los sujetos, la manera en la que la cafeína es administrada (e.g., café vs cápsulas de cafeína), y las diferencias nutricionales y genéticas entre los sujetos. Algunos estudios han controlado la utilización previa de cafeína pidiéndole a los sujetos que se abstengan de consumir cafeína por un período de tiempo determinado, 12 horas (2), 6 horas (8), 2 semanas (17), o 15 horas (19), sin embargo la efectividad de esto es cuestionable a la luz de cuan omnipresente está la cafeína en la dieta de los americanos. Es improbable que las adaptaciones fisiológicas a largo plazo del consumo de cafeína sean revertidas simplemente absteniéndose de consumir cafeína por algunas horas, aunque Powers y cols. (17) le solicitaron a los sujetos que se abstengan por dos semanas. También es difícil controlar la dieta de sujetos voluntarios. La ingesta de cafeína en forma de café versus la ingesta de cafeína en polvo dentro de cápsulas de gelatina puede contribuir a los resultados equívocos. Graham y Spiet (10) sugirieron que los componentes del café pueden anular las acciones ergogénicas de la cafeína.

Dada la discrepancia de los resultados de los estudios previos, el presente estudio fue realizado para determinar si la ingesta de cafeína afectaba a alguno de los varios parámetros fisiológicos durante la realización de ejercicios submáximos. Específicamente las respuestas medidas o calculadas incluyeron el consumo de oxígeno relativo (VO_2), la frecuencia cardiaca (HR), la presión sanguínea sistólica y diastólica (SBP, DBP), el doble producto (DP), la ventilación pulmonar (Ve), la frecuencia respiratoria (Fb), el volumen corriente (Tv), la ventilación alveolar (Va) y el índice de fatiga percibida (RPE).

METODOS

Acercamiento Experimental al Problema

Diez estudiantes universitarios, todos corredores de cross country, fueron voluntarios para participar en este estudio. Sus datos demográficos están provistos en la Tabla 1.

Sujetos (n)	Sexo	Edad	Talla (cm)	Peso (kg)
5	Mujer	20 ± 1.9	165.6 ± 61	63.9 ± 7.4
5	Hombre	20 ± 1.2	174.2 ± 7.9	73.0 ± 9.1

***Tabla 1**. Características de los sujetos (media±DE). DE=desvío estándar.*

Como los corredores de cross country estaban en el período de entrenamiento post temporada, lo cual implicaba el entrenamiento de moderada intensidad. Se les instruyó a todos los sujetos a que se abstuviesen de realizar ejercicios en las 24 hs previas a la evaluación. Se incluyeron tanto hombres como mujeres, ya que los investigadores que incluyeron tanto hombres como mujeres en sus estudios no reportaron diferencias sexuales en la sensibilidad a la cafeína (4, 6, 7), y además todos los sujetos fueron evaluados al 70% del VO_2 máx. para eliminar diferencias en el consumo de oxígeno absoluto. Cada sujeto firmó un consentimiento escrito y completó un cuestionario de revisión médica Par-Q. El estudio fue aprobado por el Comité de Revisión Institucional de la Facultad.

Luego de completar la evaluación para la medición del VO_2 máx., cada sujeto realizó dos carreras de 30 minutos al 70% del VO_2 máx., una luego de ingerir cafeína y otra luego de ingerir placebo. La evaluación del VO_2 máx. y cada prueba de 30 minutos estuvieron separadas por un período de una semana. Se ha demostrado que una semana es suficiente para recuperarse completamente de un test de ejercicio y para eliminar la cafeína del cuerpo. De acuerdo con Wadler y Hainline (22), la cafeína tiene una vida media de 2-10 horas. El preparado de cafeína fue administrado en dosis de 7mg/kg de peso corporal en forma de polvo dentro de cápsulas de gelatina. Esta dosis fue elegida debido a que, en varios estudios, dosis menores han mostrado no producir efectos (3, 4, 17, 19) y a que mayores dosis pueden producir síntomas adversos en sujetos sensibles a la cafeína. Para el placebo se utilizó vitamina C y también se administró en forma de polvo en las mismas cápsulas de gelatina y con la misma dosis. La vitamina C fue elegida como placebo debido a que se sabe que no produce efectos ergogénicos durante la realización de ejercicios (14, 22), no produce ningún tipo de daño en bajas dosis y

en la forma de polvo no puede ser distinguida de la cafeína. Las cápsulas de vitamina C y de cafeína fueron idénticas de manera tal que no se pudiera distinguir entre ambas. Ninguno de los sujetos o de los asistentes en la recolección de los datos supo cuales cápsulas contenían placebo y cuales cafeína. El investigador principal selecciono aleatoriamente que sujetos serían los que recibirían cafeína y que sujetos recibirían vitamina C en la primer prueba tirando una moneda (cara=cápsulas de cafeína; cruz=cápsulas de vitamina C). Para la segunda prueba se realizó el cambio entre el tratamiento y el control.

Se les instruyó a los sujetos de abstenerse de consumir cafeína en los cuatro días previos a la evaluación para reducir el efecto de la tolerancia a la cafeína. Solamente un sujeto admitió ser un consumidor regular de cafeína. En un estudio realizado por Fisher y cols. (8), los sujetos que consumían habitualmente cafeína, luego de 4 días de abstención, tuvieron un incremento significativo en su VO_2 luego como respuesta a la administración de 5mg/kg de cafeína.

Se le proporcionó a cada sujeto una lista con bebidas y alimentos que no contienen cafeína. También se les pidió a los sujetos que ayunaran por tres horas antes de arribar al sitio de evaluación. Luego de arribar al laboratorio, cada sujeto fue provisto con las cápsulas de cafeína o placebo junto con aproximadamente 340g de agua y fueron evaluados 1 hora después ya que el pico de cafeína se produce a los 60 minutos de haber sido ingerida la misma (22). Inicialmente, se realizaron las mediciones de reposo, las cuales incluyeron SBP, SBD, HR, VO_2 relativo, Ve y Fb. Las mismas mediciones fueron realizadas cada 10 minutos durante el ejercicio junto con el RPE utilizando para este último la escala de Borg. El calculo de los datos incluyó el DP, el Tv y la Va.

Para medir el VO_2 relativo, la Ve y la Fb se utilizó un analizador metabólico Medical Graphics Cardio O_2. El analizador fue calibrado antes de la evaluación de cada sujeto con gases estándar (21% de O_2/0% de CO_2 y 12% de O_2/5% de CO_2). Para monitorear la frecuencia cardiaca se utilizó tanto un ECG de 3 derivaciones como un monitor de frecuencia cardiaca Polar. La presión sanguínea fue determinada en todos los sujetos por el mismo investigador utilizando un estetoscopio y un esfingomanómetro en el brazo izquierdo. Para la realización del ejercicio se utilizó una cinta ergométrica Trackmaster de JAS Fitness Systems.

Para el análisis de los datos de utilizó el análisis de varianza ANOVA, utilizando un programa estándar (SPSS). Los resultados fueron considerados estadísticamente significativos si $p \leq 0.05$. Los valores de ejercicio se derivaron promediando los valores de las mediciones realizadas a los 10, 20 y 30 minutos.

Variables Fisiológicas	Placebo (media ± DE)	Cafeína (media ± DE)	F	Significancia
VO_2 (ml/kg/min)	35.9 ± 4.1	36.2 ± 4.2	0.424	0.531
HR (latidos/min)	160 ± 9	157 ± 12	2.665	0.137
SBP (mm Hg)	128 ± 7	135 ± 16	2.469	0.151
SBD (mm Hg)	77 ± 4	77 ± 7	0.000	1.000
DP	206 ± 19	211 ± 27	0.685	0.429
V_E (L/min)	61 ± 12	64 ± 13	3.275	0.104
Fb (respiraciones/min)	41 ± 10	38 ± 12	4.101	0.074
TV (ml)	1577 ± 458	1759 ± 571	17.039	0.003 *
VA (l/min)	54 ± 13	58 ± 14	6.111	0.039 *
RPE	11.2 ± 1.7	10.8 ± 1.5	6.000	0.037 *

Tabla 2. *Respuestas fisiológicas durante el ejercicio de intensidad moderada. * p<0.05. DE=Desvío estándar; HR=Frecuencia Cardiaca; SBP=presión sanguínea sistólica; SBD=presión sanguínea diastólica; DP=doble producto; Ve=ventilación pulmonar; Fb=frecuencia respiratoria; Tv=volumen corriente; Va=ventilación alveolar.*

RESULTADOS

No se observaron diferencias significativas en las respuestas cardiovasculares o en las respuestas respiratorias con excepción del Tv y la Va (Tabla 2)

El volumen corriente (p=0.003) y la Va (p=0.039) se incrementaron significativamente en el grupo que ingirió cafeína.

También se halló una reducción estadísticamente significativa (p=0.037) en el RPE.

DISCUSION

Los resultados de este estudio indican que la cafeína no altera los parámetros fisiológicos, con la excepción del Tv, VA y RPE, durante el ejercicio submáximo (70% del VO_2 máx., de 30 minutos de duración). Consecuentemente, es improbable que la ingesta de cafeína produzca un incremento en la producción de energía durante el ejercicio de moderada intensidad, ya que no se observaron cambios en el VO_2, HR y BP. Estos resultados concuerdan con los resultados hallados en otros estudios. En particular, Toner y cols. (21) y Gastin y cols. (9) no hallaron cambios estadísticamente significativos en el VO_2 o en la HR durante el ejercicio submáximo. La ingesta de cafeína no produjo cambios significativos en el VO_2 o en la Ve en maratonistas que corrieron por 45 minutos al 75% de su VO_2 máx., pero redujo significativamente el RPE (5). Bond y cols. (3), reportaron que la ingesta de cafeína no alteró el VO_2, la HR o el RPE en corredores universitarios que corrieron durante 90 minutos en cinta al 70% de su VO_2 máx. Titlow y cols. (20) reportaron que la ingesta de cafeína no produjo cambios en el VO_2 o en el RPE durante 60 minutos de carrera en cinta al 60% de la HR máx.

Por el contrario, Fisher y cols. (8) reportaron que, en sujetos que consumían cafeína habitualmente, luego de abstenerse de ingerir cafeína por 4 días, la ingesta de 5mg/kg de cafeína produjo un incremento significativo en el VO_2 submáximo (75% del VO_2 máx.). Engels y cols. (7) también reportaron incrementos significativos en el VO_2 en sujetos que realizaron ciclismo al 30% de su VO_2 máx. La SBP y la SBD de los sujetos también se incrementaron, pero la HR se mantuvo sin cambios. Interesantemente, se considera que el incremento en el VO_2 durante el ejercicio submáximo es el producto de una reducción en la economía de carrera (1). El incremento en la BP puede ser una función de la influencia de la cafeína sobre la resistencia periférica (16).

No es fácil dar una explicación acerca de la variedad de resultados hallados. El mismo dosaje de cafeína ha producido resultados conflictivos (3, 7, 8, 17), al igual que similares protocolos de ejercicio (4, 7, 8, 20). La manera en la cual la cafeína es administrada (café vs. cápsulas) no parece ofrecer una explicación a ninguna de las cuestiones. Sin embargo, en este estudio se halló un incremento significativo en el Tv (11.5%) y en la Va (7.4%) durante el ejercicio submáximo. Esto probablemente se debió a que la cafeína produce broncodilatación (12, 22). Aunque no es claro el mecanismo por el cual la cafeína cambia el tono de las vías aéreas (13), la cafeína podría ayudar a los individuos que sufren de asma inducido por el ejercicio.

A través del incremento en el Tv y en la Va, se incrementó la eficiencia del aparato respiratorio, ya que los sujetos ventilaron esencialmente el mimo volumen minuto (64 vs. 61L/min; p=0.104) con menos respiraciones. El esfuerzo ventilatorio se reduce adicionalmente a través del incremento en la Va. Ambas respuestas están directamente relacionadas a la reducción en el RPE. Debido al incremento en la eficiencia respiratoria, se requiere menos esfuerzo para respirar. Por lo tanto, la percepción del esfuerzo por parte de los sujetos se redujo en los 30 minutos de ejercicio submáximo. Este hallazgo concuerda con lo observado por Casal y Leon (5), quienes también hallaron una reducción en el esfuerzo durante el ejercicio, relacionado al consumo de cafeína

Aplicaciones Prácticas

Dado el incremento en el Tv y en la Va observado en este estudio y el efecto positivo sobre el esfuerzo respiratorio, es razonable concluir que la ingesta de cafeína tiene un efecto pequeño pero significativo sobre la función pulmonar durante el ejercicio submáximo. El incremento en la Va, en particular, indica que el aire inspirado que alcanza los alvéolos y participa en el intercambio de gases asegura la consistencia en la concentración arterial de gases sanguíneos, lo cual podría de otra manera comprometer la respuesta respiratoria (e,g. incremento en la frecuencia respiratoria).

Es posible argumentar que la reducción en el RPE, si bien estadísticamente significativo, puede no ser de significancia práctica ya que el RPE es medido en números enteros en la escala de Borg. El valor medio de 10.8 en el RPE obtenido en el grupo que consumió cafeína y el valor medio de 11.2 en el grupo que consumió placebo darían un valor de 11 cuando se los redondea a un número entero. Incluso los datos crudos eran números enteros, y el análisis estadístico produjo un valor significativo indicando que los sujetos en efecto percibieron un menor esfuerzo luego de la ingesta de cafeína. Si un sujeto siente que esta realizando un menor esfuerzo, entonces el sujeto puede ser capaz de soportar una mayor intensidad y/o una mayor duración del ejercicio.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Tommy Boone, presidente del departamento de Fisiología del Ejercicio, por su asistencia en

el estudio. Su experiencia fue invaluable.

Dirección para el envío de correspondencia:

Dr. Larry J. Birnbaum, correo electrónico: lbirnbau@css.edu

REFERENCIAS

1. Benson, H., T. Dryer, and L.H. Hartley (1978). Decreased VO₂ consumption during exercise with elicitation of the relaxation response. *J. Hum Stress*
2. Berglund, B., and P. Hemmingsson (1982). Effects of caffeine ingestion on exercise performance at low and high altitudes in cross-country skiers. *Int. J. Sports Med. 3:234–236*
3. Bond, V. R. Adams, B. Balkissoon, J. McRae, E. Knight, S. Robbins, and M. Banks (1987). Effects of caffeine on cardiorespiratory function and glucose metabolism during rest and graded exercise. *J. Sports Med. 27:47–52*
4. Butts, N.K., and D. Crowell (1985). Effect of caffeine ingestion on cardiorespiratory endurance in men and women. *Res. Q. Exerc. Sport. 56:301–305*
5. Casal, D.C., and A.S. Leon (1985). Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running. *Med. Sci. Sports Exerc. 17:174–179*
6. Costill, D.L., G.P. Dalksy, and W.J. Fink (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med. Sci. Sports. 10:155–158*
7. Engels, H.J., J.C. Wirth, S. Celik, and J.L. Dorsey (1999). Influence of caffeine on metabolic and cardiovascular functions during sustained light intensity cycling and at rest. *Int. J. Sport Nutr. 9:361–370*
8. Fisher, S.M., R.G. McMurray, M. Berry, M.H. Mar, and W.A. Forsythe (1986). Influence of caffeine on exercise performance in habitual caffeine users. *Int. J. Sports Med. 7:276–280*
9. Gastin, P.B., J.E. Misner, R. A. Boileau, and M.H. Slaughter (1990). Failure of caffeine to enhance exercise performance in incremental treadmill running. *Aust. J. Sci. Med. Sport. 22:23–27*
10. Graham, T.E., and L.L. Spriet (1996). Caffeine and exercise performance. *Sports Science Exchange (#60). 9:(1) 1–10*
11. Kaminsky, L.A., C.A. Martin, and M.H. Whaley (1998). Caffeine consumption habits do not influence the exercise blood pressure following caffeine ingestion. *J. Sports Med. Phys. Fitness. 38:53–58*
12. Kaplan, L.A., and A.J. Pesce (1996). Clinical Chemistry: Theory, Analysis and Correlation (3rd ed). *St. Louis, MO: Mosby-Yearbook, Inc*
13. Leonard, T.K., R.R. Watson, and M.E. Mohs (1987). The effects of caffeine on various body systems: A review. *J. Am. Dietetic Assoc. 87:1048–1053*
14. McArdle, W.D., F.I. Katch, and V.L. Katch (1999). Sports and Exercise Nutrition. *Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins*
15. McNaughton, L.R (1986). The influence of caffeine ingestion on incremental treadmill running. *Brit. J. Sports Med. 20:109–112*
16. Pincomb, G.A., W.R. Lovallo, R.B. Passey, T.L. Whitsett, S.M. Silverstein, and M.F. Wilson (1985). Effects of caffeine on vascular resistance, cardiac output, and myocardial contractility in young men. *Am. J. Cardiol. 56:119–124*
17. Powers, S.K., R.J. Byrd, R. Tulley, and T. Callender (1983). Effects of caffeine ingestion on metabolism and performance during graded exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. 50:301–307*
18. Sasaki, H., J. Maeda, S. Usui, and T. Ishiko (1987). Effect of sucrose and caffeine ingestion on performance of prolonged strenuous running. *Int. J. Sports Med. 8:261–265*
19. Tarnopolsky, M.A., S.A. Atkinson, J.D. McDougall, D.B. Sale, and J.R. Sutton (1989). Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users. *Med. Sci. Sports Exerc. 21:418–424*
20. Titlow, L.W., J.H. Ishee, and C.E. Riggs (1991). Failure of caffeine to affect metabolism during 60 min submaximal exercise. *J. Sports Sci. 9:15–22*
21. Toner, M.M., D.T. Kirkendall, D.J. Delio, J.M. Chase, P.A. Cleary, and E.L. Fox (1982). Metabolic and cardiovascular responses to exercise with caffeine. *Ergonomics. 25:1175–1183*
22. Wadler, G.I., and B. Hainline (1989). Drugs and the Athlete. *Philadelphia: F.A. Davis Company*

Cita Original

Birnbaum, L.J., and J.D. Herbst. Physiologic effects of caffeine on cross-country runners. J. Strength Cond. Res. 18 (3): 463–465, 2004.