



Original/Deporte y ejercicio

Ingesta de cafeína y su efecto sobre la velocidad aeróbica máxima en atletas corredores de 800 metros lisos

Giovanni Rosales Soto¹, Matías Monsálves Álvarez², Rodrigo Yáñez Sepúlveda³
y Samuel Durán Agüero⁴

¹Facultad de Ciencias de la Actividad Física, Universidad San Sebastián. ²Escuela de Salud, Duoc UC. ³Facultad de Filosofía y Educación, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. ⁴Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Sebastián. Chile.

Resumen

Objetivos: comprobar los efectos de la ingesta de cafeína (3 mg/kg⁻¹) y la mejora del tiempo límite hasta el agotamiento de la velocidad aeróbica máxima que podría modificar los niveles de lactato en sangre en corredores de 800 metros lisos.

Material y método: el estudio está basado en un diseño experimental, cruzado, aleatorio y ciego. Se evaluaron 7 sujetos (20 ± 3 años, 63 ± 6 kg y 169,1 ± 7 cm) corredores de 800 metros lisos, que debían estar compitiendo al menos durante tres años y estar entre los diez primeros lugares del ranking nacional. Realizaron una prueba de tiempo límite hasta el agotamiento en cinta rodante a la velocidad aeróbica máxima, donde ingirieron una cápsula que podía contener cafeína (3 mg/kg⁻¹) o placebo (sucralosa). Se midió la concentración de lactato en reposo y al final de cada prueba.

Resultados: la ingesta de cafeína reflejó un aumento significativo en la duración del tiempo límite en relación al placebo (376 ± 137 - 457 ± 182 s, respectivamente, p < 0,05). En cuanto al lactato sanguíneo, hay diferencia significativa entre la condición de reposo, el placebo y la ingesta de cafeína (p < 0,05).

Conclusiones: la utilización de cafeína como ayuda ergogénica, en dosis de 3 mg/kg⁻¹, incrementa significativamente (p < 0,05) el TLIM de la VAM hasta el agotamiento. Este efecto significa una mejora en el rendimiento de los corredores de 800 metros lisos. A su vez, se aprecia un aumento significativo en las concentraciones de lactato, que podrían hacer referencia al aumento en la intensidad de trabajo posterior a la ingesta de cafeína.

(Nutr Hosp. 2015;32:1703-1707)

DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9200

Palabras clave: *Cafeína. Ayudas ergogénicas. Rendimiento. Lactato.*

CAFFEINE INTAKE AND ITS EFFECT ON THE MAXIMAL AEROBIC SPEED CORRIDORS 800 -METER ATHLETES

Abstract

Objectives: to check the effects of caffeine intake (3 mg/kg⁻¹) and improved time to exhaustion limit of maximum aerobic speed and could modify blood lactate levels in 800-meter runners.

Methods: the study is based on an experimental design, crossover, randomized and blind. 7 subjects (20 ± 3 years, 63 ± 6 kg, and 169.1 ± 7 cm) 800-meter runners, they should be competing for at least three years and be among the top 10 national ranking. They conducted a test timeout to exhaustion on a treadmill at maximum aerobic speed, where they ingested a capsule could contain caffeine (3 mg/kg⁻¹) or placebo (sucralose). Lactate concentration at the rest and end of each test was measured.

Results: caffeine intake showed a significant increase in the duration of the timeout relative to placebo (376 ± 137-457 ± 182 sec, respectively, p < 0.05). Regarding the blood lactate, no significant difference between the rest condition, the placebo and caffeine intake (p < 0.05).

Conclusions: the use of caffeine as an ergogenic aid, in doses of 3 mg/kg⁻¹ significantly increased (p < 0.05) TLIM of VAM to exhaustion. This effect is an improvement in the performance of 800-meter runners. In turn, a significant increase in the concentrations of lactate, which could refer to the increase in intensity after caffeine intake work is appreciated.

(Nutr Hosp. 2015;32:1703-1707)

DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9200

Key words: *Caffeine. Ergogenic aids. Performance. Lactate.*

Correspondencia: Giovanni Patricio Rosales Soto.
Lota 2465, Providencia (Santiago de Chile), Chile.
E-mail: grosales@ug.uchile.cl

Recibido: 5-V-2015.

Aceptado: 27-VI-2015.

Introducción

En los últimos años, algunos estudios han probado los diferentes efectos en el rendimiento de ayudas ergogénicas con especial atención en la cafeína^{1,2}.

Dosis bajas de cafeína (150 a 250 mg), han mostrado mejoras en pruebas de alta intensidad, sin mostrar efectos adversos³. Las dosis de cafeína que sugieren beneficios en el rendimiento pueden verse con cantidades moderadas $\sim 3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^{4,5}.

La programación del entrenamiento a partir de la velocidad aeróbica máxima (VAM) representa una posibilidad interesante^{6,7}, siendo considerado como un parámetro de referencia en la prescripción del entrenamiento⁶.

Un concepto derivado de la VAM, es la capacidad de mantener dicha velocidad en el tiempo hasta el agotamiento, este concepto se ha denominado "tiempo límite a la velocidad aeróbica máxima" (TLIM)⁸⁻¹⁰, este parámetro ha mostrado tener una estrecha relación en los deportes de resistencia¹¹. El TLIM hasta el agotamiento, proporciona información acerca de la aptitud aeróbica y anaeróbica y ha sido usada para monitorear los efectos del entrenamiento⁸ y para prescribir pautas de trabajo para los atletas^{8,12}. Algunos estudios han mostrado una alta reproducibilidad en el TLIM hasta el agotamiento en cinta rodante, y además indican que tiene valores que oscila entre 2 min 30 s a 10 min^{9,13,14}.

Los ejercicios de resistencia tienen además importantes cambios sobre los niveles de lactato sanguíneo (LAC), que ha sido usado como un predictor del rendimiento en ejercicio y donde se ha demostrado que la ingestión de cafeína incrementa sus niveles en sangre¹⁵. Además, las carreras de intensidad a velocidad de VAM mantenidas hasta el agotamiento, han mostrado una buena correlación con el umbral de lactato⁹ y podría resultar un importante indicador de la tolerancia a este parámetro¹⁶.

El objetivo del presente estudio es comprobar los efectos de la ingesta de cafeína en dosis de $3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y la mejora del rendimiento en pruebas vinculadas al tiempo límite hasta el agotamiento de la VAM, que además podría modificar los niveles de lactato en sangre en corredores de 800 metros planos.

Métodos

El estudio fue realizado con un diseño experimental, de tipo cruzado de medidas repetidas, aleatorio y ciego. La muestra es no probabilística y está compuesta por atletas corredores de 800 metros planos.

Sujetos

Se evaluaron 7 sujetos con una edad de 20 ± 3 años, un peso de 63 ± 6 kg, y una estatura de $169,1\pm 7$ cm. Los procedimientos experimentales y el potencial riesgo

para la salud del estudio se explicaron a cada sujeto tanto verbalmente como por escrito en un consentimiento firmado por ellos. La investigación se llevó a cabo de acuerdo a la Declaración de Helsinki y también fueron aprobados todos los protocolos por Comité de Ética Local de la Universidad San Sebastián.

Como criterio de inclusión los sujetos tenían que estar entrenando con una frecuencia al menos de 3 veces a la semana y compitiendo en la disciplina durante un mínimo de 3 años y además estar entre los 10 mejores del ranking de su categoría.

Evaluaciones basales

En una primera instancia, los sujetos se tomaron mediciones de peso, talla y realizaron una prueba de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) con un protocolo incremental, utilizando un equipo metabólico portátil Cosmed Fitmate Pro (Roma, Italia) calibrado y validado para las pruebas de $\text{VO}_2\text{máx}$ ¹⁷. Las pruebas se realizaron sobre una cinta rodante Matrix T50x-U (Wisconsin, USA).

La prueba incremental consistió en un protocolo continuo, comenzando por un calentamiento durante 3 minutos a $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ¹⁸. La velocidad inicial del test fue de $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ con un 1% de inclinación y se incrementó la velocidad en $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 1 minuto hasta lograr una meseta en el $\text{VO}_2\text{máx}$, que fue considerado cuando había un incremento igual o inferior a $150 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ y la frecuencia cardíaca (FC) estaba por encima del 90% del valor de FC máxima teórica¹⁹.

Evaluación de la VAM y TLIM

La VAM se midió a partir de la prueba incremental de $\text{VO}_2\text{máx}$, considerándose como la velocidad a la que el atleta pudo alcanzar su pico de $\text{VO}_2\text{máx}$, siempre y cuando se podía mantener esta velocidad durante al menos 1 min. Si un atleta no lograba mantener 1 min durante la última etapa, era considerada la etapa anterior como su VAM²⁰.

Para la prueba de TLIM hasta el agotamiento se recorrió en cinta rodante a la velocidad de VAM hasta el agotamiento^{8,10}, el tiempo fue registrado respecto a la cantidad de segundos que pudo sostener esta velocidad.

Cafeína/Placebo prueba aleatoria

Los sujetos se reportaron al laboratorio después de un ayuno nocturno. Cada prueba comenzó a las 9:00 hrs. Se abstuvieron de todo tipo de bebidas con cafeína durante al menos 48 hrs antes de la prueba y tampoco hicieron ningún tipo de ejercicio 24 hrs antes de la prueba. Las pruebas se realizaron de una forma aleatoria ciega con placebo (PLA) o cafeína (CAF). Los

sujetos ingirieron una cápsula blanda 30 min antes de la prueba sobre la cinta rodante, que podía contener CAF en una dosis $3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ o PLA (sucralosa) con aproximadamente 250 ml de agua y no ingerían más líquido hasta terminada la prueba. Todas las cápsulas fueron preparadas por “Nutrition Factory”. Cabe destacar que los sujetos no eran habituales consumidores de productos que contengan cafeína.

Lactato

Para las muestras de lactato que se tomaron antes de la prueba, los sujetos permanecieron al menos 5 min sentados y se midió la concentración de lactato en el lóbulo de la oreja izquierda con un analizador Lactate Pro (Arkray, Kioto Japón). Una vez terminada la prueba, a los sujetos se les pidió sentarse inmediatamente y transcurridos ± 3 min, desde que permanecían sentados se les medía la concentración de lactato.

Análisis estadístico

Todos los datos se expresaron como medias y desviación estándar (SD). Los análisis estadísticos se realizaron con pruebas no paramétricas. Las diferencias entre los valores basales y post test se determinaron utilizando pruebas pareadas de Wilcoxon, tamaño del efecto de Cohen, test de Friedman y post análisis con prueba de comparaciones múltiples de Dunn. Nivel de confiabilidad se fijó en $p < 0,05$. Los datos fueron analizados en GraphPad Prism versión 6.0 (La Jolla, California, USA).

Resultados

En la tabla I se muestran las variables respecto a las pruebas físicas realizadas de $\text{VO}_2\text{máx}$ y VAM, las

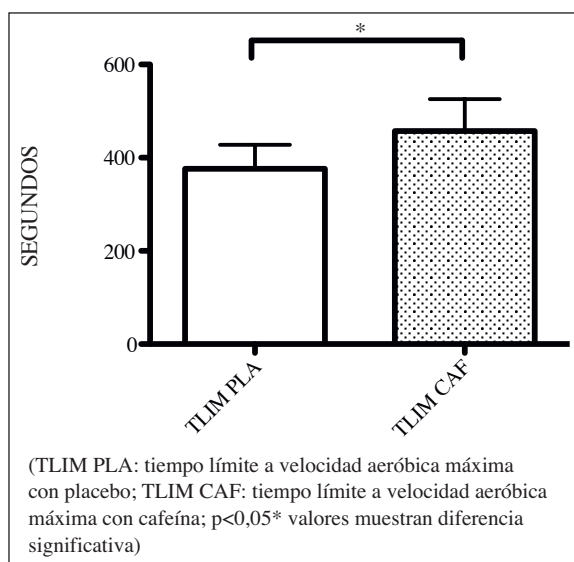


Fig. 1.—Tiempo límite a velocidad aeróbica máxima en corredores de 800 metros planos.

cuales fueron utilizadas para poder determinar a qué velocidad realizar la prueba de TLIM hasta el agotamiento. En esta prueba, se pudo apreciar una diferencia significativa ($p < 0,05$) de TLIM hasta el agotamiento, por lo que existe una mejora del rendimiento con la utilización de cafeína.

La figura 1 muestra la respuesta de los sujetos luego de la ingesta de cafeína, donde puede apreciarse un aumento en el TLIM hasta el agotamiento, este aumento presenta diferencia significativa en relación al placebo ($p < 0,05$). Se ve un positivo tamaño del efecto de tipo mediano de TLIM hasta el agotamiento con la ingesta de cafeína.

La figura 2 muestra los sujetos respondedores respecto a la ingesta de cafeína, si bien no todos respondieron, hubo diferencias significativas en relación al TLIM hasta el agotamiento.

Tabla I
Resultados obtenidos por los corredores de 800 metros planos posterior a la ingesta de un Placebo o cafeína

	Media	PLA	CAF	p	d
Edad (años)	20 ± 3	-	-	-	-
Peso (kg)	63 ± 6	-	-	-	-
Estatura (cm)	169 ± 7	-	-	-	-
$\text{VO}_2\text{máx}$ (ml/kg/min)	$65,4 \pm 4$	-	-	-	-
VAM (km/h)	21 ± 2	-	-	-	-
TLIM (seg)	-	376 ± 137	$457 \pm 182^*$	$< 0,05$	-0,51
Dmáx (metros)	-	2156 ± 699	2638 ± 997	$> 0,05$	-1,31
Lactato (mmol/L)	$1,8 \pm 0,3$	$7,4 \pm 2$	$9,4 \pm 1^*$	$< 0,05$	-0,56

($\text{VO}_2\text{máx}$: consumo máximo de oxígeno; VAM: velocidad aeróbica máxima; TLIM: tiempo límite a velocidad aeróbica máxima; Dmáx: distancia máxima recorrida) Nota: diferencia significativa $p < 0,05$ *

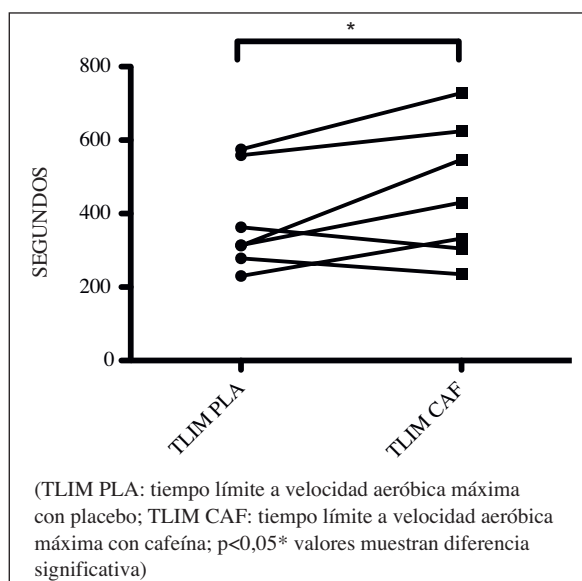


Fig. 2.—Respuesta de los sujetos ante la ingesta de cafeína en relación al placebo. Puede apreciarse una diferencia significativa respecto al TLIM hasta el agotamiento ($p < 0,05$).

La figura 3, muestra las concentraciones de lactato respecto a las condición basal, placebo y cafeína. Puede apreciarse una diferencia muy significativa en la concentración de LAC en la condición placebo respecto al basal ($p < 0,01$) y posterior a la ingesta de cafeína. Además, diferencias significativas posterior a la ingesta de cafeína respecto al placebo ($p < 0,05$).

Discusión

De nuestros resultados y hasta donde sabemos, es el primer estudio que compara el TLIM hasta el agotamiento con la ingesta de cafeína en corredores de 800

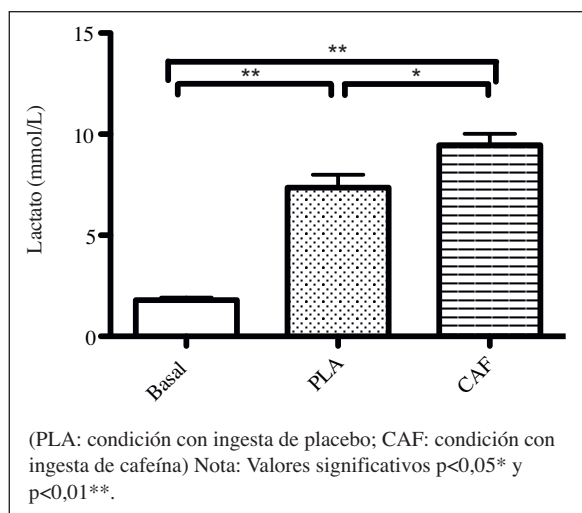


Fig. 3.—Concentraciones de lactato en relación a la ingesta de placebo/cafeína en corredores de media distancia

metros planos. Los resultados mostraron una mejora significativa ($p < 0,05$) en el tiempo transcurrido tras la ingesta de CAF en relación al TLIM hasta el agotamiento, además se apreció un tamaño del efecto mediano ($d -0,51$), respecto a la ingesta de cafeína por sobre el placebo. Estos valores no reflejan la misma tendencia de la distancia máxima recorrida que si bien no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$), el tamaño del efecto mostró valores positivos respecto de la cafeína por sobre el placebo.

Estos resultados concuerdan con los presentados por Bridge y cols. donde mostró que $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de cafeína, podrían aumentar significativamente el tiempo de rendimiento en una carrera de 8 km, y en consecuencia la cafeína puede provocar una mejora de 28,8 seg con una mayor concentración de lactato²⁵.

Por otra parte O'Rourke y cols concluyó que la ingesta de cafeína es probable que produzca pequeñas, pero significativas ganancias en el rendimiento en 5 km de carrera tanto para los corredores bien entrenados como recreativos²⁴.

Contrario a nuestros resultados, los expuestos por Butts y cols, donde se comparó el efecto de la ingesta de cafeína sobre una prueba de resistencia submáxima, concluyen que no apoyan el uso general de cafeína en cantidades moderadas como una ayuda ergogénica, aunque menciona que desde un punto de vista práctico, la cafeína podría tener efectos ergogénicos sobre individuos específicos²¹. A su vez Phillips y cols tampoco encontró efectos positivos relacionados a la ingesta de cafeína y el ejercicio²². Por otro lado, Burke LM y cols sugiere que, si bien un efecto positivo no se refleja en todos los estudios con cafeína, estos son adecuados para sacar conclusiones sobre el desempeño de la cafeína en el deporte²³.

Respecto a las concentraciones de lactato en sangre, nuestros resultados muestran una diferencia significativa entre la condición basal y el PLA, y a su vez mostró concentraciones de lactato en sangre más altos con la ingesta de CAF que cuando se suministró el PLA. Que concuerda con resultados mostrados por diversos autores que indican que la cafeína es capaz de aumentar significativamente los niveles de lactato en sangre^{15,26}. Resultados de Doherty y cols sugieren que la alta intensidad en el rendimiento puede aumentar después de la ingestión moderada de cafeína, y que esta mejora puede estar relacionada con una elevación en la concentración de lactato en sangre^{26,27}. Según Tauler y cols el incremento en la adrenalina inducido por cafeína, podría ser el responsable de una acumulación superior en los niveles de lactato²⁸.

Dentro de las fortalezas del estudio, podemos mencionar que el grupo de sujetos era heterogéneo, ya que estaban bajo las mismas condiciones de entrenamiento, además se utilizaron dosis de cafeína estandarizadas y ninguno de ellos era habitual consumidor de café.

En relación a las limitaciones, debemos mencionar que no fueron considerados aspectos metabóli-

cos y/o hormonales que podrían establecer mejoras en los mecanismos asociados al rendimiento de resistencia.

En conclusión, nuestros resultados sugieren que la utilización de cafeína como ayuda ergogénica, en dosis de 3 mg·kg⁻¹ incrementa significativamente (p<0,05) el TLIM de la VAM hasta el agotamiento. Este efecto significa una mejora en el rendimiento de los corredores de 800 metros planos. A su vez, se aprecia un aumento significativo en las concentraciones de lactato, que podrían hacer referencia al aumento en la intensidad de trabajo posterior a la ingesta de cafeína.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Instituto Profesional Duoc UC por facilitar las instalaciones del laboratorio y a los atletas que participaron de forma desinteresada en este estudio.

Conflicto de interés

No.

Referencias

1. Aedma M, Timpmann S, Oopik V. Effect of caffeine on upper-body anaerobic performance in wrestlers in simulated competition-day conditions. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2013; 23(6):601-9.
2. Duncan MJ, Smith M, Cook K, James RS. The acute effect of a caffeine-containing energy drink on mood state, readiness to invest effort, and resistance exercise to failure. *J Strength Cond Res* 2012; 26(10):2858-65.
3. Jenkins NT, Trilk JL, Singhal A, O'Connor PJ, Cureton KJ. Ergogenic effects of low doses of caffeine on cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008; 18(3):328-42.
4. Wiles JD, Coleman D, Tegerdine M, Swaine IL. The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1 km cycling time-trial. *J Sports Sci* 2006; 24(11):1165-71.
5. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, Casa DJ, Dias JC, Judelson DA, et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *J Strength Cond Res* 2008; 22(3):978-86.
6. JL. T, editor Effects of equated continuous and interval training on running velocity at maximal aerobic speed and on its time to exhaustion. Proceedings of the 5th Annual Congress of the European College of Sport Science; 2000; Jyväskylä ECSS, University of Jyväskylä.
7. Tuimil JL. RF, editor Effect of two types of interval training on maximal aerobic speed and on time to exhaustion Book of Abstracts of the 6th Annual Congress of the European College of Sport Science & 15th Congress of the German Society of Sport Science; 2001; Cologne ECSS, Sport und Buch Strauss.
8. Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Time to exhaustion at VO₂max and lactate steady state velocity in sub-elite long-distance runners. *Archiv Internat Physiol Biochem Biophys* 1994; 102:215-9.
9. Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Reproducibility of running time to exhaustion at VO₂max in subelite runners. *Medicine and science in sports and exercise* 1994; 26(2):254-7.
10. Duffield R, Bishop D. VO₂ responses to running speeds above VO₂max. *Int J Sports Med* 2008;29(6):494-9.
11. Gleser MA, Vogel JA. Endurance capacity for prolonged exercise on the bicycle ergometer. *J Appl Physiol* 1973; 34(4):438-42.
12. Andersson O. To optimize your performance, train "A la Veronique" Running. Research. 1994;12:1-13.
13. McLellan TM, Cheung KS. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24(5):543-50.
14. Hill DW. RA. Significance of time to exhaustion during exercise at the velocity associated with VO₂max. *Eur J Appl Physiol* 1996; 72:383-6.
15. Anselme F, Collomp K, Mercier B, Ahmaidi S, Prefaut C. Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65(2):188-91.
16. Hill DW. RA. Running velocity at VO₂max. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 29(1):114-9.
17. Lee JM, Bassett DR, Jr., Thompson DL, Fitzhugh EC. Validation of the Cosmed Fitmate for prediction of maximal oxygen consumption. *J Strength Cond Res* 2011; 25(9):2573-9.
18. Kraemer WJ, Hatfield DL, Spiering BA, Vingren JL, Fragala MS, Ho JY, et al. Effects of a multi-nutrient supplement on exercise performance and hormonal responses to resistance exercise. *Eur J Appl Physiol* 2007; 101(5):637-46.
19. Astrand PO, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *J Appl Physiol* 1954; 7(2):218-21.
20. Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Time to exhaustion at VO₂max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Arch Int Physiol Biochim Biophys* 1994; 102(3):215-9.
21. Butts NK. CD. Effect of caffeine ingestion on cardiorespiratory endurance in men and women. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1985; 56(4):301-5.
22. Phillips MD, Rola KS, Christensen KV, Ross JW, Mitchell JB. Preexercise energy drink consumption does not improve endurance cycling performance but increases lactate, monocyte, and interleukin-6 response. *J Strength Cond Res* 2014;28(5):1443-53.
23. LM. B. Caffeine and sports performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 2008; 33(6):1319-34.
24. O'Rourke MP, OBB, Knez WL., Paton CD. Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners. *J Sci Med Sport* 2008; 11(2):231-3.
25. Bridge CA, Jones MA. The effect of caffeine ingestion on 8 km run performance in a field setting. *J Sports Sci* 2006; 24(4):433-9.
26. Doherty M. SP, Hughes MG., Davison R. Caffeine lowers perceptual response and increases power output during high-intensity cycling. *J Sports Sci* 2004; 22(7):637-43.
27. Lopes-Silva JP, Felipe LJ, Silva-Cavalcante MD, Bertuzzi R, Lima-Silva AE. Caffeine ingestion after rapid weight loss in judo athletes reduces perceived effort and increases plasma lactate concentration without improving performance. *Nutrients* 2014;6(7):2931-45.
28. Tauler P, Martinez S, Moreno C, Monjo M, Martinez P, Aguilo A. Effects of caffeine on the inflammatory response induced by a 15-km run competition. *Med Sci Sports Exerc* 2013;45(7):1269-76.