

# ¿Tienen las bebidas energéticas efectos ergogénicos en el ejercicio físico?

Juscélia Cristina Pereira<sup>1</sup>, Rafael Gonçalves Silva<sup>1</sup>, Alex de Andrade Fernandes<sup>1</sup>, Manuel Sillero Quintana<sup>2</sup>, João Carlos Bouzas Marins<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil. <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF). Madrid.

**Recibido:** 19.11.2014  
**Aceptado:** 01.06.2015

## Resumen

**Objetivo:** Determinar los posibles efectos ergogénicos de las bebidas energéticas (BE) en el rendimiento físico aeróbico y anaeróbico, y describir sus mecanismos de acción.

**Metodología:** Se realizó una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos *PubMed/Medline* y en *SportDiscus*, teniendo como criterios de inclusión estudios con humanos que trataban sobre cambios sobre el rendimiento físico aeróbico y/o ejercicios de alta intensidad y de corta duración tras el consumo de BE, publicados en inglés, entre el 1 de enero de 2000 y el 31 de diciembre de 2014.

**Resultados:** Tras un proceso de filtrado fueron seleccionados 20 estudios, siendo 10 sobre modificaciones en el rendimiento físico aeróbico y 10 sobre el rendimiento físico anaeróbico. En cuanto al rendimiento aeróbico, fueron evaluados los siguientes parámetros: tiempo total del ejercicio, consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ), y el índice de percepción del esfuerzo (IPE). Durante las actividades anaeróbicas fueron evaluados: la resistencia muscular y potencia anaeróbica, los test físicos anaeróbicos y el lactato sanguíneo. Fueron encontrados algunos efectos ergogénicos tras el consumo de BE. En actividad aeróbica hubo un aumento en la capacidad temporal para realizar ejercicio y una disminución en la percepción subjetiva de fatiga. Respecto al componente anaeróbico, existió una mejor respuesta muscular, contribuyendo a un aumento de la resistencia muscular y la reducción del tiempo en *sprints*. Sin embargo, algunos estudios no concluyen ningún efecto positivo tras el consumo de BE, tanto en ejercicios de perfil aeróbico como anaeróbico.

**Conclusiones:** Existen evidencias científicas de que el consumo de BE puede mejorar algunos parámetros importantes de rendimiento físico aeróbico y anaeróbico.

**Key words:**  
Suplementos nutricionales.  
Rendimiento físico.  
Cafeína. Taurina.

**Palabras clave:**  
Dietary supplements.  
Physical performance.  
Caffeine. Taurine.

## Have energy drinks ergogenic effects in physical exercise?

### Summary

**Objective:** To determine the potential ergogenic effects of energy drinks (ED) on aerobic and anaerobic exercise performance and describe their mechanisms of action.

**Methods:** It was carried out a systematic review of literature *PubMed/Medline* and *SportDiscus* databases, having as inclusion criteria human studies reporting changes on aerobic physical performance and/or high-intensity exercise and short duration after consumption BE, published in English between January 1, 2000 and December 31, 2014.

**Results:** After a filtering process, they were selected 20 studies, dealing 10 with changes in aerobic physical performance and 10 with anaerobic exercise performance. For the aerobic performance, they were assessed the following parameters: total exercise time, maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ), and the rate of perceived exertion (RPE). During anaerobic activities they were evaluated: muscular endurance and anaerobic power, anaerobic physical test and blood lactate. They were found some ergogenic effects after consumption of BE. In aerobic activity there was an increase in temporary capacity for exercise and a decrease in the subjective perception of fatigue. Regarding the anaerobic component, there was a better muscular response, contributing to an increase in muscle strength and a reduced time in sprints. However, some studies do not report any positive effect after consumption of BE, both in aerobic and anaerobic profile exercises.

**Conclusions:** There is scientific evidence that the consumption of BE can improve some important parameters of aerobic and anaerobic exercise performance.

**Correspondencia:** João Carlos Bouzas Marins  
E-mail: jcbouzas@ufv.br

## Introducción

En la última década, el consumo de bebidas energéticas (BE) se ha hecho muy popular entre estudiantes<sup>1</sup>, personas activas<sup>2</sup> y, principalmente, en deportistas<sup>3</sup>, debido al posible efecto ergogénico especialmente importante en los deportistas durante el desarrollo de entrenamientos y en competición.

Es importante distinguir entre lo que es una bebida deportiva (isotónica) y una BE. Las bebidas deportivas como Gatorade® e Powerade®, son elaboradas con el objetivo de recuperar los niveles de glucógeno, electrolitos, o iones y para evitar la deshidratación de los atletas durante y después de la realización de un ejercicio físico<sup>45</sup>. Sin embargo, las BE han sido asociadas al aumento del nivel de energía de los individuos, la agilidad mental y el rendimiento físico durante los entrenamientos y las competiciones<sup>6</sup>. Estos efectos son esperados debido a algunos elementos presentes en su composición como la cafeína, la taurina (Tau), el inositol, la glucoronolactona o la Vitamina B12<sup>7</sup>.

La cafeína se suele utilizar frecuentemente como una sustancia ergogénica antes de la realización de ejercicios físicos<sup>8</sup>, con el fin de postergar la fatiga y, consecuentemente, para mejorar el rendimiento físico en actividades de corta, media y larga duración<sup>9-11</sup>. Por otra parte, la Taurina es el principal aminoácido libre intracelular en la mayor parte de los tejidos de los mamíferos. Hasta un 75% de la Taurina se encuentra distribuida en el interior del músculo<sup>12</sup>. Estudios muestran los efectos positivos de la Taurina en el rendimiento físico aeróbico<sup>13</sup> y anaeróbico<sup>14</sup>.

El inositol es un compuesto derivado del metabolismo de la glicosis, y en la literatura científica, se discute también que es una vitamina<sup>15</sup>. El inositol forma parte de las membranas de las células, desempeñando un papel en la ruptura de la grasa en el hígado, actuando en el funcionamiento del sistema nervioso, nutriendo las células cerebrales y, de esa forma, ayudando a la transmisión de los impulsos nerviosos, mejorando la comunicación cerebral, la memoria y la inteligencia<sup>16</sup>.

La glucoronolactona es un tipo de carbohidrato bio-sintetizado a partir de la glucólisis, que se puede encontrar en el vino tinto, cereales, manzanas y peras que es esencial para la desintoxicación y para el metabolismo<sup>17</sup>. Los procesos bioquímicos de la glucoronolactona en la realización del ejercicio físico todavía están siendo estudiados.

La vitamina B12 puede contribuir a la liberación de energía y a la reducción del cansancio y la fatiga<sup>8</sup> por medio del papel que cumple en la síntesis de nuevas células (como las células sanguíneas) y en la reparación de las células dañadas<sup>18</sup>. Individuos activos con niveles bajos de vitamina B12 pueden tener una disminución en la capacidad de realizar ejercicios físicos a intensidades elevadas<sup>19</sup>.

El consumo de carbohidratos presente tanto en las bebidas deportivas como en las BE puede retardar la aparición de la fatiga y aumentar el rendimiento durante ejercicios prolongados<sup>20</sup>. Diversos mecanismos pueden estar envueltos en ese proceso, incluyendo el mantenimiento de las concentraciones de glucosa plasmática para contribuir a la economía de glucógeno muscular durante el ejercicio y el aumento de la tasa de oxidación de carbohidratos<sup>4</sup>.

Existe en la literatura un número significativo de artículos publicados sobre todos esos elementos (carbohidratos, cafeína, taurina), de una forma individual, tanto en animales<sup>13,21,22</sup> como en seres humanos<sup>9,14,23</sup>.

Las BE normalmente tienen en su composición esos elementos como principales ingredientes, siendo interesante investigar cómo actúan cuando están integrados en una misma fórmula.

En algunos trabajos se han encontrado efectos ergogénicos de las BE en el rendimiento físico aeróbico<sup>24-30</sup> y anaeróbico<sup>24,31-38</sup>. Sin embargo, otros estudios no presentan evidencias de dichos efectos ergogénicos<sup>30,32,35,39-42</sup>. A pesar de no existir un consenso sobre el efecto ergogénico de las BE en el rendimiento físico, los atletas realizan un consumo regular de estas bebidas, en algunas ocasiones en cantidades elevadas como, por ejemplo, en deportistas de karate<sup>43</sup>, de fútbol<sup>44</sup>, de ciclismo de montaña<sup>45</sup> y de triatlón en la modalidad "ironman"<sup>46</sup>.

De esta manera, parece importante realizar un análisis de las evidencias científicas presentadas por estudios bien elaborados y conducidos, con el objetivo de tener mayor claridad de los posibles efectos ergogénicos en los humanos, posibilitando de esta manera una mejor información a los atletas y al grupo de profesionales del ámbito del entrenamiento deportivo.

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión sistemática es explorar los efectos de las BE en el rendimiento físico aeróbico y anaeróbico, y describir sus mecanismos de acción.

## Métodos

Se realizó una revisión sistemática en la literatura, especialmente sobre las BE, por medio de *PubMed/Medline* y *SportDiscus*, utilizándose una combinación de las siguientes palabras clave: "energy drink" and "strength", "energy drink" and "power", "energy drink" and "resistance training", "energy drink" and "endurance", "energy drink" and "aerobic training", "energy drink" and "performance", "energy drink" and "exercise" and "energy drink" and "sports"

Las referencias bibliográficas de los estudios identificados por la búsqueda electrónica fueron revisadas para detectar estudios adicionales. Los estudios pre-seleccionados fueron evaluados por dos revisores para la identificación de los siguientes criterios de inclusión e de exclusión.

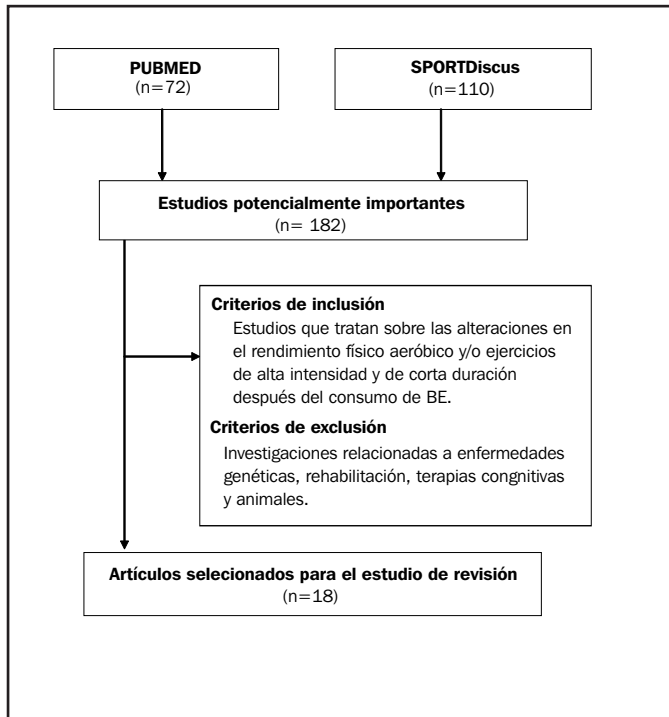
- *Criterios de exclusión:* investigaciones sobre enfermedades genéticas, rehabilitación y/o, terapias cognitivas fueron excluidas de la revisión, además de estudios con animales.
- *Criterios de inclusión:* estudios que hablaran sobre modificaciones en el rendimiento físico aeróbico, y/o ejercicios de alta intensidad y de corta duración después del consumo de BE. La búsqueda bibliográfica fue limitada a los artículos disponibles y publicados en lengua inglesa, entre enero de 2000 y diciembre del 2014. Los procedimientos para la selección de los estudios pueden verse en la Figura 1.

## Resultados

Después del análisis preliminar, fueron identificados 18 estudios. Dos de estos estudios<sup>24,35</sup> observaron las variaciones tanto en el rendimiento físico aeróbico como en el anaeróbico.

La Tabla 1 resume los diez estudios sobre alteraciones en el rendimiento físico aeróbico, mientras que la Tabla 2 presenta los 10 estudios

Figura 1. Diseño del proceso de selección de los artículos revisados.



en que estudiaron las alteraciones en el rendimiento anaeróbico. En las dos tablas se muestran informaciones de las investigaciones, como el número de evaluados, la cantidad de BE consumida, el tiempo de ingestión, el protocolo de ejercicios y los principales resultados obtenidos.

Los artículos sobre los efectos de las BE en el ejercicio aeróbico (Tabla 1) fueron realizados en laboratorio durante la práctica de ciclismo<sup>24,26,29</sup> o carrera<sup>25,28,39,41,42</sup>, y un estudio fue realizado con carrera campo a través<sup>30</sup> y otro con el Test Yo-Yo<sup>35</sup>.

Algunos estudios observaron mejoras significativas en el rendimiento del deportista después del consumo de la BE en los siguientes aspectos: aumento total en el tiempo (minutos) de ejercicio<sup>24,25,28</sup>; en la capacidad cardiorrespiratoria ( $VO_{2m\acute{a}x}$ )<sup>25</sup>; en la disminución del índice de percepción de esfuerzo (IPE)<sup>25,29,30</sup>; y en el tiempo total del ejercicio<sup>26</sup>. Por otra parte, otros estudios no presentaron mejoras significativas sobre el tiempo total de ejercicio<sup>30,35,41,42</sup>, el IPE<sup>41</sup> o el  $VO_{2m\acute{a}x}$ <sup>39</sup>.

En la Tabla 2 se muestran los resultados relacionados con el rendimiento físico anaeróbico tras del consumo de BE. De los artículos seleccionados, nueve revelaron algunas mejoras significativas en el rendimiento después de la ingestión de BE en los siguientes aspectos: aumento del tiempo de ejercicio<sup>24</sup> y número de *sprints*<sup>31,36,37</sup>, número de repeticiones de una repetición máxima (RM)<sup>11,32</sup>, potencia anaeróbica<sup>33</sup>, velocidad de carrera<sup>31,36</sup>, altura en el salto vertical<sup>31,35,36,38</sup>, distancia recorrida<sup>31,36,37</sup>, disminución en la concentración de lactato en la sangre<sup>33</sup> y disminución del tiempo en el test de agilidad<sup>38</sup>. Los trabajos de Astorino *et al.*<sup>40</sup> y Forbes *et al.*<sup>32</sup> no encontraron mejoras significativas sobre el tiempo total de *sprint* o sobre la potencia anaeróbica, respectivamente.

## Discusión

A continuación serán analizados con más detalle los posibles efectos ergogénicos obtenidos por consumo de BE, primero sobre el componente aeróbico y después el anaeróbico.

### Posibles efectos ergogénicos de la BE relacionados al componente aeróbico

#### *Incremento del tiempo total de ejercicio*

Determinados trabajos de investigación sobre el efecto de las BE en el metabolismo aeróbico indicaron que la ingestión de esas bebidas aumentó el tiempo total del ejercicio<sup>24,25,28</sup>, mientras que en otros<sup>30,35,41,42</sup>, los resultados no fueron significativos (Tabla 1).

Ese aumento puede estar relacionado con la presencia de carbohidratos, de cafeína y de Taurina (Tau) en la composición de las BE. La suplementación alimentaria con carbohidratos puede retardar la aparición de la fatiga y aumentar el rendimiento durante el ejercicio prolongado, pues actúan en el mantenimiento de la glucosa plasmática<sup>47</sup>, contribuyendo a la economía del glucógeno muscular durante el ejercicio<sup>48</sup>, teniendo un efecto cognitivo central<sup>49</sup>.

La cafeína, es otro sustrato presente en las BE, que también puede contribuir al aumento del tiempo hasta la fatiga, puesto que promueve la desaceleración de la tasa de utilización de carbohidratos, ahorrando el contenido de glucógeno almacenado, aumentando la lipólisis del tejido adiposo y la oxidación de las grasas durante ejercicios prolongados<sup>9,50,51</sup>. Además, algunos estudios señalan resultados un posible efecto ergogénico positivo al añadir carbohidratos a la bebida cafeinada durante el ejercicio físico<sup>52-54</sup>.

Algunos estudios informan que el consumo de Tau aumentó la capacidad del ejercicio de larga duración<sup>13,55,56</sup>. La suplementación con Tau puede mantener la concentración de este sustrato en los músculos esqueléticos, regular la concentración del calcio ( $Ca^{+2}$ ) intracelular, aumentar la tasa de absorción del retículo sarcoplasmático y la capacidad de almacenamiento total de las vesículas del retículo sarcoplasmático, contribuyendo de este modo para la contracción muscular<sup>57</sup>.

Por otra parte, Candow *et al.*<sup>41</sup> observan que la ingestión de BE no contribuye al mejoramiento del tiempo hasta la fatiga. Según estos autores, una posible explicación para este efecto sería la ausencia de carbohidratos en la BE utilizada (*sugar-free*), observando también que en algunos artículos<sup>58-60</sup> muestran el efecto ergogénico de la Tau combinada con la cafeína.

Umaña-Alvarado y Moncada-Jimenez<sup>30</sup> y Phillips<sup>42</sup> tampoco encontraron efectos ergogénicos en el tiempo total de ejercicio después del consumo de BE, pues el volumen de BE aportado al deportista fue apenas de 1,90 mg de cafeína/kg de peso corporal y de 160 mg, respectivamente. Según los autores, esa cantidad no fue suficiente para causar mejoras significativas en el rendimiento del deportista, siendo necesaria una dosis mínima de 3 mg de cafeína/kg de peso corporal. En oposición a esta hipótesis el estudio de Abian-Vicen *et al.*<sup>35</sup> evaluó el rendimiento físico en el test *Yo-Yo Intermittente Recovery Test Level 1* tras el consumo de BE con 3 mg de cafeína/kg de peso corporal. Los resultados indicaron un aumento del 3,7 % en la distancia recorrida tras el consumo de BE; sin embargo, este aumento no fue estadísticamente significativo.

Tabla 1. Efectos de las BE sobre el rendimiento físico aeróbico.

Autores	Muestra	Cantidad	TI (minutos)	Protocolo	Resultados	Porcentaje de mejora vs. placebo
Alford et al <sup>24</sup>	7H/7M (18-35 años)	250 ml	30	Pedalear entre 65-75% de la FCM	↑ Tiempo total del ejercicio	9*
Ivy et al <sup>26</sup>	6H/6M (27,3 ± 1,7 años)	500 ml	40	Pedalear una cantidad de trabajo establecido al 60 min de bicicleta lo más rápido posible.	↓ Tiempo total del ejercicio	-4,7*
Kazemi et al <sup>25</sup>	12M (22 ± 0,63 años)	6 ml/Kg PC	40	Test de tapiz (Bruce)	↑ Tiempo total del ejercicio ↑ VO <sub>2máx</sub> ↓ IPE	9,3* 6,9* -4,5*
Walsh et al <sup>28</sup>	9H/6M (20,9 ± 1,0 años)	500 ml	10	Carrera en tapiz (70 % VO <sub>2máx</sub> ) hasta el agotamiento	↑ Tiempo total del ejercicio	12,5*
Umana-Alvarado y Moncada-Jimenez <sup>30</sup>	11H (30,18 ± 11,50 años)	6 ml/Kg PC	30	Carrera de 10 Km (cross country)	No existió efecto en el tiempo total del ejercicio ↓ IPE	NR NR*
Sheehan y Hartzler <sup>39</sup>	9H/3M (20,6 ± 1,6 años)	250 ml	30	Test de tapiz Ellestad modificado	No existió efecto sobre la VO <sub>2máx</sub>	NR
Candow et al <sup>41</sup>	9H/8M (21 ± 4 años)	2 mg/kg PC (cafeína)	60	Carrera en tapiz (87% VO <sub>2máx</sub> ) hasta llegar al agotamiento	No existió efecto sobre el tiempo total del ejercicio en el IPE	NR
Phillips et al <sup>42</sup>	11H (33,4 ± 8,9 años)	500 ml	50	Carrera de 15 Km	No existió efecto en el tiempo total del ejercicio	NR
Duncan et al <sup>29</sup>	7H/7M (23,5 ± 3,5 años)	179 mg de (cafeína)	60	Pedalear 60 minutos (60% VO <sub>2máx</sub> )	↓ IPE	NR
Abian-Vicen et al <sup>35,36</sup>	16H (14,9 ± 0,8 años)	3 mg/kg PC (cafeína)	60	Test Yo-Yo	No hubo efecto en la distancia de carrera durante test Yo-Yo	NR

H: Hombres; M: Mujeres; TI=: Tiempo de ingesta; VO<sub>2máx</sub>: Consumo Máximo de Oxígeno; PC: Peso Corporal; IPE: Índice de Percepción de Esfuerzo; NR: No Relatado; \*Mejora Significativa (P < 0,05) vs Placebo.

De esa forma, son necesarios más estudios que examinen el efecto agudo y la dosis correcta de las BE a ingerir antes de la práctica deportiva para obtener los efectos ergogénicos esperados. Una vez confirmada esa acción ergogénica, los deportistas de pruebas de larga distancia podrían beneficiarse de dichos efectos principalmente en periodos de entrenamiento de gran volumen con un gran kilometraje o elevados tiempos totales del ejercicio.

### Reducción del tiempo de la prueba

En eventos de alto rendimiento, son importantes las estrategias de suplementación alimenticia que puedan contribuir para reducir el tiempo en la prueba. El consumo de BE se ha presentado tradicionalmente como una alternativa para pruebas que involucran ejercicios continuos con tiempos fijos, pues el deportista soporta una mayor intensidad de esfuerzo por más tiempo.

Ivy et al.<sup>26</sup> verificaron una reducción en el tiempo total para completar una cantidad de carga de referencia igual a una hora de ciclismo, al 70% de la carga máxima. El mecanismo por el cual la BE mejoró ese rendimiento no está totalmente claro. Para algunos autores, el consumo de carbohidratos antes del ejercicio, ha sido sugerido como una alternativa para minimizar el agotamiento del glucógeno muscular (GM), que ocurre tanto a lo largo del ejercicio de fuerza<sup>61</sup>, como de resistencia aeróbica<sup>62</sup>. El efecto ergogénico de la suplementación de carbohidratos, parece ocurrir en respuesta a la elevación de los niveles de glucosa en la sangre, reduciendo el uso de GM<sup>48</sup> (considerado como un factor limitante para el rendimiento), pudiendo afectar el rendimiento por la modificación de la funcionalidad del sistema nervioso central, a través de las alteraciones de la glucosa en la sangre. Más allá de eso, la cafeína actúa sobre el retículo sarcoplasmático aumentando su permeabilidad al calcio, acelerando la disponibilidad de este mineral en el proceso de

Tabla 2. Efectos de las BE sobre el rendimiento físico anaeróbico.

Autores	Muestra	Cantidad	TI (minutos)	Protocolo	Resultados	Porcentaje de mejora vs. placebo
Alford <i>et al</i> <sup>24</sup>	7H/5M (20-21 años)	250 ml	30	Pedalear sobre la carga máxima de trabajo	↑ Tiempo total de <i>sprint</i>	24*
Astorino <i>et al</i> <sup>40</sup>	15M (19,5 ± 1,1 años)	255 ml	60	3 series de 8 <i>sprints</i> no T-test modification	No existió efecto en el tiempo total del <i>sprint</i>	NR
Forbes <i>et al</i> <sup>32</sup>	11H/4M (21 ± 5 años)	2 mg/kg PC (cafeína)	60	3 series al 70% 1 RM ( <i>press</i> de banca) + Test de Wingate	↑ Número de repeticiones; No existió efecto de la Potencia anaeróbica	6* NR
Alandari <i>et al</i> <sup>33</sup>	30H (22,34 ± 1,74 años)	6 ml/kg de PC	40	6 rep de 35 m - recuperación de 10 segundos entre cada rep	↑ Potencia anaeróbica ↓ Niveles de LS	9,5* 3,63*
Del Coso <i>et al</i> <sup>31</sup>	19H (21 ± 2 años)	3 mg/kg PC (cafeína)	60	Salto vertical por 15 segundos; 7 rep de 30 metros- intervalo de 30 segundos entre cada rep; simulacro de juego de fútbol (2 tiempos de 40 minutos)	↑ Altura del salto vertical ↑ Velocidad de carrera ↑ Distancia recorrida durante el partido ↑ Número de <i>sprint</i> durante el partido	3,2 2,8 30 30
Duncan <i>et al</i> <sup>34</sup>	13H (22,7 ± 6,0 años)	179 mg (cafeína)	60	Sesión de 60% a 1RM	↑ Número de repeticiones	NR
Abian-Vicen <i>et al</i> <sup>35</sup>	16H (14,9 ± 0,8 años)	3 mg/kg PC (cafeína)	60	Salto vertical por 15 segundos. Test CMJ	↑ altura do salto vertical	NR
Lara <i>et al</i> <sup>36</sup>	18M (21 ± 2 años)	3 mg/kg PC (cafeína)	60	Test CMJ 7 rep de 30 metros- intervalo de 30 segundos entre cada rep; simulacro de juego (2 tiempos de 40 minutos)	↑ Altura del salto vertical ↑ Velocidad de carrera ↑ Distancia recorrida durante el partido ↑ Número de <i>sprint</i> durante el partido	NR
Del Coso <i>et al</i> <sup>37</sup>	26H (25 ± 2,93 años)	3 mg/kg PC (cafeína)	60	Partido de rugby (2 tiempos de 30 minutos)	↑ Distancia recorrida durante el partido ↑ Número de <i>sprint</i> durante el partido	NR
Del Coso <i>et al</i> <sup>37</sup>	15H	3 mg/kg PC (cafeína)	60	Salto vertical por 15 segundos Test CMJ Test agilidad	↑ Altura del salto vertical ↓ Tiempo para completar el test de agilidad	NR

H: Hombres; M: Mujeres; TI: Tiempo de ingesta; PC: Peso Corporal; RM: Repetiçãõ máxima; IPE: Índice de Percepción de Esfuerzo; CMJ: salto com contra movimiento; LS: Lactato Sanguíneo; NR: No Relatado; \*Mejora Significativa ( $P < 0,05$ ) vs. Placebo.

contracción muscular. Por eso es probable que la cafeína pueda tener una cierta influencia en la sensibilidad de las miofibrillas al calcio.

Considerando ese efecto ergogénico verdadero, el consumo de BE sería un recurso ergogénico nutricional interesante en modalidades como el fútbol, que tiene un tiempo determinado de 90 minutos de partido, de la misma forma que en las pruebas de carrera de media y larga distancia.

### Reducción del IPE

Apenas en cuatro estudios<sup>25,29,30,41</sup> fue analizada la percepción del esfuerzo después de la suplementación con BE. Se verificó en estos

estudios<sup>25,29,30</sup>, una reducción significativa del IPE comparado al placebo. Según estos autores, tal resultado es debido a la presencia de cafeína, que puede reducir la sensación de dolor a través de sus efectos como un antagonista de adenosina<sup>63</sup>. La adenosina es un neurotransmisor que actúa en la disminución de la actividad celular, inhibe la expresión de la dopamina (neurotransmisor que estimula la actividad del (SNC) y la transmisión sináptica del cerebro con la activación de sus receptores<sup>64</sup>. La cafeína por poseer una estructura molecular semejante a la de la adenosina, ocupa algunos de sus receptores y disminuye el efecto de este neurotransmisor en el organismo<sup>50</sup>. De esta manera, la dopamina pasa a ser menos estimulada.

Otro mecanismo ergogénico de la cafeína es la disminución de la expresión de la triptófano hidroxilos (TPH), siendo la degradación del triptófano responsable de la modulación de la serotonina en la barrera hematoencefálica<sup>65</sup>. Con la disminución de la razón de serotonina/dopamina, hay una menor aparición de la fatiga central, favoreciendo la mejora del rendimiento<sup>66</sup>.

Ya Cawdow *et al.*<sup>41</sup> concluyeron que la ingestión de BE no contribuye en la reducción de la percepción del esfuerzo. Una posible explicación es la dosis ingerida de cafeína y de taurina (2 mg/kg de peso corporal y 1,0-1,9 g, respectivamente). Acorde con estos resultados, las acciones potenciales de esos sustratos durante ejercicios de alta intensidad hasta la fatiga, solo pueden ser observadas cuando dosis mayores son administradas. Ese aspecto psicofisiológico resulta interesante el consumo de cafeína y taurina en entrenamientos con alta densidad y durante competiciones en ambientes extremos, pudiendo afectar, en este caso, a la percepción del esfuerzo.

Todos esos resultados pueden ser considerados exploratorios y es necesaria una mayor profundización en estos estudios para la certificación del efecto psicológico positivo de las BE.

### Capacidad cardiorrespiratoria ( $VO_{2max}$ )

Kazemi *et al.*<sup>25</sup> observaron una mejora del  $VO_{2max}$  después del consumo de BE. Ese resultado puede provenir del efecto de la Tau, que puede influir en la función cardíaca, a través de la regulación en la homeostasis de  $Ca^{+2}$  intracelular por la modulación en el flujo de cationes y por la mejora de la disponibilidad de ese ion para la contracción. Más allá de eso, la Tau induce a la disminución de los niveles de norepinefrina en la sangre, y reduce la adición de cationes en las células musculares cardíacas, protegiendo el corazón contra el estrés causado por la alta liberación de catecolaminas. Ese mecanismo se asocia a una acción cardíaca más económica<sup>55</sup>.

Sheehan *et al.*<sup>39</sup> observaron que no existe impacto positivo sobre el  $VO_{2max}$ . Errores metodológicos pudieron haber influido en los resultados, pues los evaluados no fueron instruidos sobre cuáles y cuando podían ser ingeridos los alimentos. El consumo de café y de refrigerantes antes de los test pueden haber sobreestimado los resultados del estudio. Además, la hora del día en la que los participantes realizaron los test no fue la misma para todos los participantes, por lo tanto, las diferencias individuales en los niveles de energía en momentos diferentes del día, pudieron también haber influenciado las variables fisiológicas registradas.

No es posible tener una evidencia clara de que el consumo de BE afecte al  $VO_{2max}$  teniendo presente los resultados analizados. Cabe destacar que los estudios se concentran en ejercicios de carrera, existiendo todavía la necesidad de realizar estudios en otras actividades como el ciclismo o la natación.

## Posibles efectos ergogénicos de las BE relacionados con componente anaeróbico

### Resistencia muscular y potencia anaeróbica

Algunos estudios indicaron que el consumo de BE aumento la resistencia muscular<sup>32,34</sup> de los miembros superiores e inferiores, además de la potencia anaeróbica<sup>33</sup>. Para los autores, estos resultados se deben

a la actuación de la cafeína en la bomba de sodio y potasio, con el fin de mantener el medio intracelular más concentrado que en el medio extracelular, retardando la fatiga. Además, bajas concentraciones de potasio en el plasma ayudan al mantenimiento de la excitabilidad de la membrana de los músculos contráctiles durante el ejercicio<sup>67</sup>. Sin embargo, Forbes *et al.*<sup>32</sup> no observaron alteraciones en la potencia anaeróbica después el consumo de BE, tal vez por la ingestión de una dosis baja de cafeína (2 mg/kg de peso corporal) y por el nivel de entrenamiento de los sujetos participantes en el estudio.

### Test físicos anaeróbicos

La ingestión de 3 mg de cafeína/kg de peso corporal de una BE sin azúcar, aumentó el salto vertical<sup>31,35,36,38</sup>, la velocidad de carrera<sup>31,36</sup>, la distancia recorrida<sup>31,36,37</sup>, el número de sprints durante el partido<sup>31,36,37</sup> y disminuyó el tiempo en el test de agilidad<sup>38</sup>.

La cafeína parece contribuir a optimizar substancialmente varios aspectos del rendimiento en los deportes colectivos, principalmente durante la realización de ejercicios físicos de alta intensidad y corta duración. Existen algunos mecanismos que pueden explicar la acción de la cafeína frente al aumento en la fuerza y potencia musculares. Entre ellos se encuentran: un aumento en la velocidad de transmisión sináptica de los impulsos nerviosos<sup>68</sup>; una mayor disponibilidad de calcio para potencializar la contracción muscular<sup>69</sup> y el antagonismo de la cafeína sobre los receptores de adenosina en el sistema nervioso central que actúa impidiendo la aparición de síntomas de fatiga durante la realización de ejercicios intensos<sup>70</sup>.

La capacidad de realizar sprints repetidos, con recuperaciones mínimas entre las series y una mayor altura en los saltos verticales es crucial para deportistas de deportes colectivos<sup>71</sup>. En un partido de fútbol, por ejemplo, un jugador salta de media unas 15,5 veces con cerca de nueve cabezazos y realiza un sprint cada 90 segundos<sup>72</sup>. De esta manera las BE en dosis correctas pueden ser una ayuda eficaz para la mejoría del rendimiento físico en el fútbol o en deportes con exigencias físicas similares.

Alfred *et al.*<sup>24</sup> verificaron una reducción en el tiempo de sprint después del consumo de BE. Los autores resaltaron que otros ingredientes, más allá de la cafeína y de la Tau, pueden ser responsables por la mejora del rendimiento; un ejemplo puede ser la vitamina B12, que puede facilitar el rendimiento mental, aumentando la concentración, y en casos de agotamiento puede restaurar los valores normales de las vitaminas del grupo B y de la gluconolactona, que da energía extra para el ejercicio físico.

En el estudio de Astorino *et al.*<sup>40</sup>, no existió diferencia en el tiempo de sprint de deportistas que ingirieron BE. Según los autores, la ausencia de un efecto positivo de Tau puede ser debido al número de sprint insuficiente para generar un cuadro de fatiga, principalmente por tratarse de jugadores de fútbol que están habituados con ese tipo de estímulos.

### Lactato en la sangre (LS)

Solo un trabajo<sup>33</sup> evaluó los niveles de LS tras el consumo de BE. En el estudio de Alandari *et al.*<sup>33</sup> se registró una reducción los niveles de LS tras 6 series de 35 m de sprint. La base fisiológica para esa reducción es la acción ergogénica de la sustancia alcalina presente en la BE en actividades de alta intensidad y corta duración. El aumento del pH en la

sangre causado por la alcalosis proporcionaría retardo en la realización de ejercicios con esa característica. La elevada concentración de  $\text{HCO}_3^-$  causada por la alcalosis promueve aumento del flujo de los iones  $\text{H}^+$  de las células musculares hacia la sangre, donde son taponados<sup>73</sup>. Eso hace disminuir la acidosis intramuscular, algo que a su vez prolonga el funcionamiento de la vía glucolítica, y retarda la aparición de la fatiga<sup>73</sup>.

Esos resultados todavía son incipientes, pero pueden ser interesantes para deportistas de pruebas cíclicas, que tienen gran predominio del sistema anaeróbico láctico, como los 400 metros en el atletismo.

### Efectos ergolíticos

Es importante destacar que el consumo de BE también puede provocar efectos ergolíticos. El riesgo asociado a los altos niveles de cafeína parece ser el problema más común en esas bebidas, en comparación con otras sustancias éstas contienen. La ingestión de dosis de cafeína por encima de 6 mg/kg de peso corporal puede originar niveles tóxicos en la sangre (en torno a 200 mmol/ml), perjudicar la estabilidad y control de los miembros superiores, provocar insomnio, irritabilidad, ansiedad, náuseas y molestias gastrointestinales, además de agravar problemas gástricos, como la gastritis o las úlceras, cuando es ingerida en ayunas, pudiendo comprometer el rendimiento del atleta<sup>74</sup>. Hay que tener presentes que los problemas relacionados con el consumo de cafeína podrían desencadenar un efecto ergolítico. La opción de utilizar cafeína buscando sus posibles efectos ergogénicos, deberá ser estudiada a lo largo del periodo de entrenamiento, teniendo presente que las respuestas pueden ser individuales.

La optimización del rendimiento deportivo está influenciada por un conjunto de variables, de manera que las BE no son una fórmula mágica para el éxito de un deportista. El número de trabajos con resultados positivos consistentes aún son escasos, a pesar de existir algunas evidencias científicas. Es necesario ampliar estudios en otras situaciones deportivas y otros deportes, con el objetivo de ampliar la base de conocimiento sobre el tema.

Por lo tanto, parece necesario consumir de manera prudente BE, evaluando la adaptación, la aceptación, el momento de la periodización y el resultado individual, teniendo que hacerse un test inicialmente en el ámbito del entrenamiento, preferiblemente con el consumo monitorizado y orientado por un nutricionista o un médico.

Teniendo en cuenta que los principales componentes de las BE (cafeína, taurina y carbohidratos) son considerados legales por la Agencia Mundial Anti doping (WADA)<sup>75</sup> y que existen indicios científicos de que este suplemento puede producir una acción ergogénica, las BE se pueden convertir en una opción interesante para su utilización, tanto en competición como en entrenamientos en especialidades con un elevado perfil aeróbico como el ciclismo, triatlón, y corrida de larga duración, o en actividades con momentos anaeróbicos como fútbol, voleibol o baloncesto.

## Conclusiones

Los resultados presentados en este artículo sugieren que las BE pueden generar una posible mejora de varios aspectos del rendimiento aeróbico y anaeróbico. Sobre el rendimiento aeróbico hubo un aumento

en la capacidad temporal para realizar el ejercicio y una disminución en la percepción subjetiva de esfuerzo. En la actividad anaeróbica, existió mejor respuesta de la contracción muscular, contribuyendo para un aumento de la resistencia muscular y la deducción del tiempo de *sprint*. Sin embargo, es necesario más estudios para confirmar estas evidencias científicas, para que se plantee su plena indicación de consumo entre los deportistas.

## Bibliografía

- Kim IK, Kim KM. Energy drink consumption patterns and associated factors among nursing students: a descriptive survey study. *J Addict Nurs*. 2015;26:24-31.
- Tsitsimpikou C, Chrisostomou N, Papalexis P, Tsarouhas K, Tsatsakis A, Jamurtas A. The use of nutritional supplements among recreational athletes in Athens, Greece. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2011;21:377-84.
- Buxton C, Hagan JE. A survey of energy drinks consumption practices among student-athletes in Ghana: lessons for developing health education intervention programmes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2012;9:9.
- Campbell C, Prince D, Braun M, Applegate E, Casazza GA. Carbohydrate-supplement form and exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2008;18:179-90.
- Palacios Gil de Antuñano N, Bonafonte LF, Marqueta PM, González BM, García JAV. Consenso sobre bebidas para el deportista. composición y pautas de reposición de líquidos. *Arch Med Deporte*. 2008; XXV:245-58.
- Campbell B, Wilborn C, La Bounty P, Taylor L, Nelson MT, Greenwood Met al. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10:1.
- Johnson LA, Foster D, McDowell JC. Energy drinks: review of performance benefits, health concerns, and use by military personnel. *Mil Med*. 2014;179:375-80.
- Palacios Gil de Antuñano N, Marqueta PM, Redondo RB, Bonafonte LF, Aurrekoetxea TG, González BM, et al. Ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan ejercicio físico. *Arch Med Deporte*. 2012; XXIX: 5-80.
- Bortolotti H, Altamari LR, Vitor-Costa M, Cyrino ES. Performance during a 20-km cycling time-trial after caffeine ingestion. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11:45.
- Lorino AJ, Lloyd LK, Crixell SH, Walker JL. The effects of caffeine on athletic agility. *J Strength Cond Res*. 2006;20:851-4.
- Duncan MJ, Taylor S, Lyons M. The effect of caffeine ingestion on field hockey skill performance following physical fatigue. *Res Sports Med*. 2012;20:25-36.
- Galloway SD, Talianian JL, Shovelier AK, Heigenhauser GJ, Spriet LL. Seven days of oral taurine supplementation does not increase muscle taurine content or alter substrate metabolism during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*. 2008;105:643-51.
- Miyazaki T, Matsuzaki Y, Ikegami T, Miyakawa S, Doy M, Tanaka N, et al. Optimal and effective oral dose of taurine to prolong exercise performance in rat. *Amino Acids*. 2004;27:291-8.
- da Silva LA, Tromm CB, Bom KF, Mariano I, Pozzi B, da Rosa G L, et al. Effects of taurine supplementation following eccentric exercise in young adults. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014;39:101-4.
- Einat H, Belmaker RH. The effects of inositol treatment in animal models of psychiatric disorders. *J Affect Disord*. 2001;62:113-21.
- Balla T. Regulation of  $\text{Ca}^{2+}$  entry by inositol lipids in mammalian cells by multiple mechanisms. *Cell Calcium*. 2009;45:527-34.
- Zoltaszek R, Hanausek M, Kilianska ZM, Walaszek Z. [The biological role of D-glucaric acid and its derivatives: potential use in medicine]. *Postepy Hig Med Dosw*. 2008;62:451-62.
- Woolf K, Manore MM. B-vitamins and exercise: does exercise alter requirements? *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006;16:453-84.
- Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*. 2004;20:632-44.
- Stellingwerff T, Cox GR. Systematic review: Carbohydrate supplementation on exercise performance or capacity of varying durations. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014;39:998-1011.
- Denadai BS. Effect of caffeine on the metabolism of rats exercising by swimming. *Braz J Med Biol Res*. 1994;27:2481-5.
- Silva LA, Silveira PC, Ronsani MM, Souza P S, Scheffer D, Vieira L C, et al. Taurine supplementation decreases oxidative stress in skeletal muscle after eccentric exercise. *Cell Biochem Funct*. 2011;29:43-9.
- Welsh RS, Davis JM, Burke JR, Williams HG. Carbohydrates and physical/mental performance during intermittent exercise to fatigue. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:723-31.

24. Alford C, Cox H, Wescott R. The effects of red bull energy drink on human performance and mood. *Amino Acids*. 2001;21:139-50.
25. Kazemi F, Gaeini AA, Kordi MR, Rahnama N. The acute effects of two energy drinks on endurance performance in female athlete students. *Sport Sciences for Health*. 2010;5:55-60.
26. Ivy JL, Kammer L, Ding Z, Wang B, Bernard J R, Liao Y, et al. Improved cycling time-trial performance after ingestion of a caffeine energy drink. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2009;19:61-78.
27. Rahnama N, Gaeini AA, Kazemi F. The effectiveness of two energy drinks on selected indices of maximal cardiorespiratory fitness and blood lactate levels in male athletes. *J Res Med Sci*. 2010;15:127-32.
28. Walsh AL, Gonzalez AM, Ratames NA, Kang J, Hoffman JR. Improved time to exhaustion following ingestion of the energy drink Amino Impact™. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010;7:14.
29. Duncan MJ, Hankey J. The effect of a caffeinated energy drink on various psychological measures during submaximal cycling. *Physiol Behav*. 2013;116-117:60-5.
30. Umana-Alvarado M, Moncada-Jimenez J. Consumption of an 'Energy Drink' does not Improve Aerobic Performance in Male Athletes. *IJASS*. 2005;17:26-34.
31. Del Coso J, Muñoz-Fernández VE, Muñoz G, Fernández-Elias VE, Ortega J F, Hamouti N, et al. Effects of a Caffeine-Containing Energy Drink on Simulated Soccer Performance. *PLoS One*. 2012;7:e31380.
32. Forbes SC, Candow DG, Little JP, Magnus C, Chilibeck PD. Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench-press muscle endurance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17:433-44.
33. Alamdari KA, Kordi M, Choobineh S, Abbasi A. Acute effects of two energy drinks on anaerobic power and blood lactate levels in male athletes. *PES*. 2007;5:153-62.
34. 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;26:2858-65.
35. Abian-Vicen J, Puente C, Salinero JJ, Gonzalez-Millan C, Areces F, Munoz G, et al. A caffeinated energy drink improves jump performance in adolescent basketball players. *Amino Acids*. 2014;46:1333-41.
36. Lara B, González-Millán C, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Areces F, Barbero-Álvarez J C, et al. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. *Amino Acids*. 2014;46:1385-92.
37. Del Coso J, Portillo J, Munoz G, Abian-Vicen J, González-Millán C, Munoz-Guerra J. Caffeine-containing energy drink improves sprint performance during an international rugby sevens competition. *Amino Acids*. 2013;44:1511-9.
38. Del Coso J, Pérez-López A, Abian-Vicen J, Salinero JJ, Lara B, Valades D. Enhancing physical performance in male volleyball players with a caffeine-containing energy drink. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:1013-8.
39. Sheehan KM, Hartzler HLK. Effects of XS® Energy Drink on Aerobic Exercise Capacity of Athletes. *Int J Exerc Sci*. 2011;4:152-63.
40. Astorino TA, Matera AJ, Basinger J, Evans M, Schurman T, Marquez R. Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. *Amino Acids*. 2012;42:1803-8.
41. Candow DG, Kleisinger AK, Grenier S, Dorsch KD. Effect of sugar-free Red Bull energy drink on high-intensity run time-to-exhaustion in young adults. *J Strength Cond Res*. 2009;23:1271-5.
42. 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;28:1443-53.
43. Brito ISS, Brito CJ, Pinheiro SF, Marins JCB. Caracterização das práticas de hidratação em karatecas do estado de Minas Gerais. *Fit Perf J*. 2006;5:24-30.
44. Ferreira FG, Altoé JL, Silva RP, Tsai LP, Fernandes AA, Brito CJ, et al. Nível de conhecimento e práticas de hidratação em atletas de futebol de categoria de base. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2009;11:202-9.
45. Cruz MAE, Cabral CAC, Marins JCB. Nível de conhecimento e hábitos de hidratação dos atletas de mountain bike. *Fit Perf J*. 2006;8:79-89.
46. Desbrow B, Leveritt M. Awareness and use of caffeine by athletes competing at the 2005 Ironman Triathlon World Championships. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006;16:545-58.
47. Lee JK, Ang WH, Ng JW, Fan P W, Teo Y S, Nolte H W, et al. Effects of a carbohydrate-electrolyte solution on cognitive performance following exercise-induced hyperthermia in humans. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11:51.
48. Backhouse SH, Ali A, Biddle SJH, Williams C. Carbohydrate ingestion during prolonged high-intensity intermittent exercise: impact on affect and perceived exertion. *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17:605-10.
49. Chambers ES, Bridge MW, Jones DA. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *J Physiol*. 2009;587:1779-94.
50. Backhouse SH, Biddle SJH, Bishop NC, Williams C. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. *Appetite*. 2011;57:247-52.
51. Stadheim HK, Kvamme B, Olsen R, Drevon CA, Ivy JL, Jensen J. Caffeine increases performance in cross-country double-pole time trial exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45:2175-83.
52. Scott AT, O'Leary T, Walker S, Owen R. Caffeinated Carbohydrate Gel Ingestion Improves 2000 Metre Rowing Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014.
53. Gant N, Ali A, Foskett A. The influence of caffeine and carbohydrate coingestion on simulated soccer performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010;20:191-7.
54. Hulston CJ, Jeukendrup AE. Substrate metabolism and exercise performance with caffeine and carbohydrate intake. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:2096-104.
55. Zhang M, Izumi I, Kagamimori S, Sokejima S, Yamagami T, Liu Z, et al. Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. *Amino Acids*. 2004;26:203-7.
56. Yatabe Y, Miyakawa S, Miyazaki T, Matsuzaki Y, Ochiai N. Effects of taurine administration in rat skeletal muscles on exercise. *J Orthop Sci*. 2003;8:415-9.
57. Schaffer SW, Jong CJ, Ramila KC, Azuma J. Physiological roles of taurine in heart and muscle. *J Biomed Sci*. 2010;17 Suppl 1:52.
58. Cox GR, Desbrow B, Montgomery PG, Anderson ME, Bruce CR, Macrides TA, et al. Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *J Appl Physiol*. 2002;93:990-9.
59. Kovacs EM, Stegen J, Brouns F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol*. 1998;85:709-15.
60. Powers SK, Byrd RJ, Tulley R, Callender T. Effects of caffeine ingestion on metabolism and performance during graded exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1983;50:301-7.
61. Haff GG, Koch AJ, Potteiger JA, Kuphal K E, Magee L M, Green S B, et al. Carbohydrate supplementation attenuates muscle glycogen loss during acute bouts of resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2000;10:326-39.
62. Burke LM, Claassen A, Hawley JA, Noakes TD. Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal. *J Appl Physiol*. 1998;85:2220-6.
63. Backhouse SH, Bishop NC, Biddle SJH, Williams C. Effect of Carbohydrate and Prolonged Exercise on Affect and Perceived Exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:1768-73.
64. Astorino TA, Terzi MN, Roberson DW, Burnett TR. Effect of caffeine intake on pain perception during high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2011;21:27-32.
65. Lim BV, Jang MH, Shin MC, Kim H B, Kim Y J, Kim YP, et al. Caffeine inhibits exercise-induced increase in tryptophan hydroxylase expression in dorsal and median raphe of Sprague-Dawley rats. *Neurosci Lett*. 2001;308:25-8.
66. Meeusen R, Watson P, Hasegawa H, Roelands B, Piacentini MF. Central fatigue: the serotonin hypothesis and beyond. *Sports Med*. 2006;36:881-909.
67. Davis JK, Green JM. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports Med*. 2009;39:813-32.
68. Graham TE, Sathasivam P, Rowland M, Marko N, Greer F, Battram D. Caffeine ingestion elevates plasma insulin response in humans during an oral glucose tolerance test. *Can J Physiol Pharmacol*. 2001;79:559-65.
69. Tarnopolsky M, Cupido C. Caffeine potentiates low frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. *J Appl Physiol*. 2000;89:1719-24.
70. Laurent D, Schneider KE, Prusaczyk WK, Franklin C, Vogel S M, Krssak M. Effects of caffeine on muscle glycogen utilization and the neuroendocrine axis during exercise. *J Clin Endocrinol Metab*. 2000;85:2170-5.
71. Barbero-Álvarez JC, Coutts A, Granda J, Barbero-Álvarez V, Castagna C. The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport*. 2010;13:232-5.
72. Bangsbo J. The physiology of soccer—with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*. 1994;619:1-155.
73. Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:807-13.
74. Astorino TA, Terzi MN, Roberson DW, Burnett TR. Effect of two doses of caffeine on muscular function during isokinetic exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:2205-10.
75. World Anti-Doping Agency W. The 2011 Prohibited list World Anti-Doping code. [Acesso 09 dez 2011]. Disponível em [http://www.wada-ama.org/Documents/World\\_Anti-Doping\\_Program/WADP-Prohibited-list/To\\_be\\_effective/WADA\\_Prohibited\\_List\\_2011\\_EN.pdf](http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-Prohibited-list/To_be_effective/WADA_Prohibited_List_2011_EN.pdf).