

La ingestión de una bebida energética con cafeína mejora la fuerza-resistencia y el rendimiento en escalada deportiva

Alfredo Cabañes, Juan J. Salinero, Juan Del Coso

Laboratorio de Fisiología del Ejercicio. Instituto de Ciencias del Deporte (UCJC).

Recibido: 08.03.2013

Aceptado: 08.07.2013

Resumen

Introducción: Las bebidas energéticas con cafeína se han convertido en la ayuda ergogénica más empleada en el ámbito del deporte, por sus efectos demostrados para mejorar el rendimiento deportivo. El objetivo de este estudio fue analizar la influencia de las bebidas energéticas con cafeína en el rendimiento en escalada deportiva.

Metodología: En dos días separados por una semana, 9 escaladores no profesionales ingirieron 3mg de cafeína por kg de peso corporal (en forma de una bebida energética en polvo comercial, Fure-Proenergetics®) o la misma bebida energética pero sin cafeína (prueba placebo, 0 mg/kg). El orden de las pruebas experimentales fue asignado de forma aleatoria y contrabalanceado y el diseño experimental fue doble ciego. Sesenta minutos tras la ingestión de las bebidas experimentales, los participantes realizaron una dominada a la máxima velocidad posible y un test de dominadas hasta la fatiga, donde se midió la fuerza, velocidad y potencia. Posteriormente, se midió el tiempo de ascenso de una vía de escalada (dificultad V+), y dinamometría manual antes y después del ascenso.

Resultados: Mientras que la ingestión de cafeína no afectó la potencia máxima en una dominada (696 ± 423 kW con cafeína vs. 585 ± 342 kW con placebo; $P=0,376$), el número de repeticiones ($12,1 \pm 6,9$ repeticiones con cafeína vs. $10,7 \pm 5,7$ repeticiones con placebo, respectivamente; $P=0,050$) y la potencia total ($5,51 \pm 4,42$ kW con cafeína vs. $4,29 \pm 3,22$ kW con placebo; $P=0,04$) durante el test de dominadas hasta la fatiga fueron incrementados por la ingestión de la bebida energética con cafeína en comparación a placebo. En comparación a placebo, la ingestión de bebida energética con cafeína mejoró la fuerza prensil sólo de la mano dominante ($P<0,01$). Además, el tiempo total de ascenso en la vía de escalada fue reducido significativamente con cafeína frente al placebo ($257,6 \pm 108,2$ vs $308,3 \pm 142,4$ segundos, respectivamente; $P=0,042$).

Conclusión: Las bebidas energéticas con cafeína pueden usarse como ayuda ergogénica para mejorar el rendimiento en la escalada deportiva, por su mejora en la fuerza-resistencia y en el tiempo empleado para completar una vía de dificultad media.

Palabras clave:

Efecto ergogénico. Cafeína. Escalada. Resistencia. Fuerza.

The ingestion of a caffeine-containing energy drink improves resistance capacity and sport rock climbing performance

Summary

Introduction: Caffeine energy drinks have become the most used ergogenic aid in the sport setting by its demonstrated effects on physical performance. The aim of the study was to analyze the effect of a caffeine-containing energy drink on sport rock climbing.

Methods: On two different days separated by a week, 9 non professional rock climbers were provided with 3 mg of caffeine per kg of body mass (by ingesting a commercially available energy drink, Fure-Proenergetics®), or the same drink but without caffeine (placebo trial, 0 mg/kg). The order of the experimental trials was randomized and counterbalanced and the experimental design was double blind. After sixty minutes for caffeine absorption, they performed a one-repetition maximal velocity pull-up test and a maximal number of repetitions pull-up test. Force, speed and power were measured in both tests. Then, they climbed a V+ difficult path as fast as they could while climbing time was recorded. Hand grip force was measured before and after the climbing test.

Results: While caffeine ingestion did not improve maximal pull-up power (696 ± 423 caffeine vs 585 ± 342 kW placebo; $P=0.376$), the number of repetitions (12.1 ± 6.9 vs 10.7 ± 5.7 repetitions; $P=0.050$) and the total amount power during the pull-up test (5.51 ± 4.42 kW vs 4.29 ± 3.22 kW; $P=0.04$) was improved with energy drink ingestion in comparison to the placebo, respectively. In comparison to the placebo, energy drink ingestion improved hand grip force only in the dominant hand ($P<0.01$). In addition, climbing time was significantly reduced with the energy drink ingestion in comparison to placebo (257.6 ± 108.2 vs 308.3 ± 142.4 seconds, respectively; $P=0.042$).

Conclusion: Caffeine-containing energy drinks could be used as ergogenic aids in sport rock climbing due to its positive effects on muscle force-resistance and climbing performance.

Key words:

Ergogenic effect. Caffeine. Rock climbing. Endurance. Strength.

Correspondencia: Juan José Salinero Martín

E-mail: jjsalinero@ucjc.edu

La escalada deportiva es una modalidad de creciente popularidad, que consiste en un estilo de escalada que utiliza anclajes fijos a la pared para establecer vías de diferente dificultad. El rendimiento deportivo en la escalada es multifactorial, y puede atribuirse a variables físicas más que a características antropométricas¹. Hay evidencia de que la fuerza-resistencia y la potencia de los miembros superiores son los factores más relevantes para el rendimiento de la escalada deportiva². La mayor demanda física en la escalada recae sobre el miembro superior, por lo que tener valores superiores de fuerza y resistencia en los miembros superiores se convierte en indispensable para alcanzar altas cotas de rendimiento deportivo³. Un mayor tiempo hasta la fatiga durante esfuerzos isométricos repetidos es una de las variables en las que los escaladores se distinguen de la población sedentaria³.

La cafeína es la sustancia sin valor nutricional que más se consume de forma social por la población. A día de hoy, el 80% de la población mundial la consume de manera diaria⁴. En el ámbito deportivo, la cafeína estuvo prohibida desde 1984, pero fue eliminada de la lista de sustancias prohibidas de la Agencia Mundial Antidopaje en el 2004⁵. En la actualidad, los deportistas pueden tomar cafeína libremente en entrenamiento y competición sin miedo a que sean sancionados por la normativa antidopaje. Así, tres de cada cuatro deportistas consumen cafeína antes o durante la competición deportiva, siendo en los deportes de resistencia (i.e. ciclismo, triatlón, remo) donde emplean esta ayuda ergogénica en mayor medida⁶. La cafeína ha demostrado su eficacia en diversos deportes, de características y requerimientos físicos variados⁷⁻¹⁰, si bien en el caso de la escalada no hemos encontrado ningún estudio que lo haya analizado. En el ámbito de la resistencia, el efecto ergogénico de esta sustancia está bien documentado¹¹ si bien en el caso de la fuerza, aspecto fundamental en la escalada, existe mayor controversia¹²⁻¹⁴.

Existen evidencias científicas de que la cafeína aumenta los valores de fuerza máxima de los miembros inferiores¹⁴. Por el contrario, en miembros superiores, los de mayor relevancia en la escalada, no se ha mostrado este efecto ergogénico¹⁴⁻¹⁶. Green *et al.*¹⁶ y Astorino *et al.*¹⁵, empleando una cantidad 6mg de cafeína por kg de peso corporal en un ejercicio de repeticiones máximas hasta la fatiga, no encontraron diferencias con la ingesta de cafeína en press de banca. También en press de banca, pero con una repetición a máxima velocidad, Del Coso *et al.*¹⁷ encontraron que la ingesta de 3mg de cafeína por kg de peso corporal producía mejoras en la potencia generada a diferentes porcentajes respecto de la repetición máxima. Sin embargo, todos estos estudios se han realizado en gestos inespecíficos a la práctica deportiva, por lo que es necesario evaluar el efecto en situaciones más próximas a los gestos específicos de la escalada. La hipótesis de nuestro estudio es que la ingesta de una bebida energética con 3mg de cafeína por kg de peso corporal tendrá un efecto ergogénico en el rendimiento deportivo en escalada deportiva. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la influencia de una bebida energética con 3mg de cafeína por kg de peso corporal en los valores de fuerza de los miembros superiores y el rendimiento físico en la escalada deportiva.

Material y método

Participantes

Tomaron parte en el estudio 9 escaladores no profesionales, con una edad media de 23,0 ± 1,7 años, una talla de 177 ± 4,5cm y 71,8 ± 7,72 kg

de masa corporal. Presentaban una experiencia en la escalada deportiva de 1,5 ± 0,9 años y al menos dos días semanales de entrenamiento en los últimos 6 meses. Todos ellos podían superar una vía de dificultad V+¹⁸. Los participantes fueron informados del propósito, los objetivos y los riesgos derivados de su participación en el estudio, antes de firmar su consentimiento a formar parte de la muestra del mismo. El diseño del estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Camilo José Cela según los criterios vigentes de la Declaración de Helsinki. Los participantes fueron instruidos para evitar el consumo de sustancias con cafeína el día previo a las pruebas, así como evitar cualquier ejercicio intenso en las últimas 24 horas.

Diseño experimental

Se empleó un diseño doble ciego, en el que los sujetos realizaron el mismo protocolo en dos ocasiones: en una ocasión tras la ingesta de una bebida energética con cafeína y en otra ocasión tras la ingesta de la misma bebida energética pero sin cafeína (placebo). Las pruebas estuvieron separadas por un intervalo de una semana. Las pruebas se realizaron el mismo día de la semana y a la misma hora para minimizar la influencia de los ciclos circadianos en las variables de estudio¹⁹. El orden de realización de las pruebas (con cafeína o placebo) fue aleatorizado.

En una visita previa los participantes fueron pesados (± 50 g, Radwag, Polonia) para poder calcular la dosis de bebida energética de manera individualizada. En uno de los protocolos, los participantes ingirieron 3 mg de cafeína por kg de peso corporal a través del consumo de una bebida energética comercial en polvo para disolución (Fure[®], Proenergetics[®], España). En otra ocasión, los participantes ingirieron la misma bebida, con la misma composición a excepción de la ausencia de cafeína (placebo; 0 mg/kg). El fabricante facilitó ambos productos (con y sin cafeína) de cara a obtener una bebida con la misma apariencia y similar sabor. La bebida energética también contenía taurina (2000 mg), bicarbonato sódico (500 mg), L-carnitina (200 mg) y maltodextrina (705 mg). El preparado se diluyó en 250 ml de agua mineral en ambas ocasiones por un investigador que no participó en la ejecución de los test y se presentó a los participantes en botes opacos marcados con el código de cada participante para garantizar el doble ciego. Este código permaneció oculto hasta la finalización del estudio. Los participantes ingirieron el preparado 60 minutos antes del comienzo de las pruebas experimentales para permitir la completa absorción de la cafeína²⁰.

Protocolo experimental

En cada disposición experimental, transcurridos 60 minutos tras la ingesta de la bebida, los participantes realizaron un calentamiento estandarizado que incluía 5 minutos de carrera sobre tapiz rodante, dominadas asistidas para reducir el peso corporal y ejercicios de movilidad articular. Tras 2 minutos de reposo, realizaban una dominada a máxima velocidad sobre una barra de dominadas. Los participantes llevaron un cinturón conectado a un encoder rotatorio para determinar la velocidad, aceleración y potencia (500Hz, Isocontrol, España) desarrolladas en cada desplazamiento. Para estos cálculos se utilizó el peso corporal (kg) medido en la báscula como la variable de fuerza. El punto de agarre óptimo (ligeramente superior a la anchura de hombros) era elegido por

cada participante, siendo marcado para estandarizar la repetición en la segunda disposición experimental. El test comenzaba con el participante colgado de la barra, con los brazos estirados y las palmas de las manos mirando al frente. Las piernas debían permanecer estiradas en prolongación del tronco y no se permitía balanceo de las mismas. Esta prueba fue repetida tras 3 minutos de descanso y el mejor resultado fue seleccionado para el análisis estadístico.

Tras 5 minutos de descanso, los escaladores realizaron con el mismo agarre un test que consistió en realizar el máximo número de dominadas hasta la fatiga, contabilizándose como válidas las repeticiones en las que la barbilla superaba la horizontal de la barra de agarre. Este criterio fue verificado por un investigador. Se registraron las mismas variables con el encoder rotatorio, además de contabilizar el número de repeticiones. Se calculó el trabajo total (kJ), así como la potencia total (kW) generada durante la prueba a través del sumatorio de los valores obtenidos en cada una de las repeticiones válidas.

A continuación (con un margen menor de 30 minutos), los participantes se trasladaron a un rocódromo para realizar la prueba de escalada. Antes de esta prueba, los sujetos realizaron una prueba de dinamometría manual máxima mediante un dinamómetro digital (Takei 5401, Japón). A continuación, se desarrolló la escalada de la vía, según el estilo *top rope*. En este estilo, los anclajes se encuentran colocados previamente por otro escalador. La escalada se hizo en un rocódromo exterior, sobre una vía graduada como V+¹⁸ de 14 metros de altura. La superficie del rocódromo era de hormigón proyectado con presas de resina con carga mineral. Los participantes ascendieron dos veces, con un descanso de 2 minutos entre ascensos, para el descenso y la preparación del material. En cada uno de los ascensos se contabilizó el tiempo desde que el escalador iniciaba la escalada (sus cuatro extremidades estaban apoyadas sobre presas prefijadas) hasta que la finalizaba (tocaba un punto rotulado por los investigadores en el punto más alto de la vía). Al terminar la segunda ascensión, se repitió la prueba de dinamometría manual, con lo que finalizaba el protocolo experimental.

Análisis estadístico

Los resultados se muestran como media ± desviación típica. Se comprobó la normalidad de las variables con el test de Shapiro-Wilk. En el caso de las variables que se midieron en una ocasión en cada situación experimental (placebo o cafeína), se contrastó la diferencia de medias entre ambas situaciones con la prueba t para muestras relacionadas. En el caso de la dinamometría manual, se empleó un ANOVA de dos factores, ambos de medidas repetidas (tratamiento experimental x pre-post ascenso). Se estableció en todos los casos el nivel de significación en $P < 0,05$ y tendencia a la significación en $P < 0,10$. Todos los cálculos fueron realizados con el paquete estadístico SPSS 20.0 para Windows.

Resultados

En la prueba de una dominada realizada a la máxima velocidad posible (Tabla 1), se obtuvo un valor de potencia un 19% superior con la ingesta de cafeína, si bien no se aprecia significación estadística. Tampoco aparecen diferencias significativas en los valores de fuerza, velocidad y aceleración ($P > 0,05$ en todos los casos).

Tabla 1. Resultados obtenidos en la dominada a velocidad máxima.

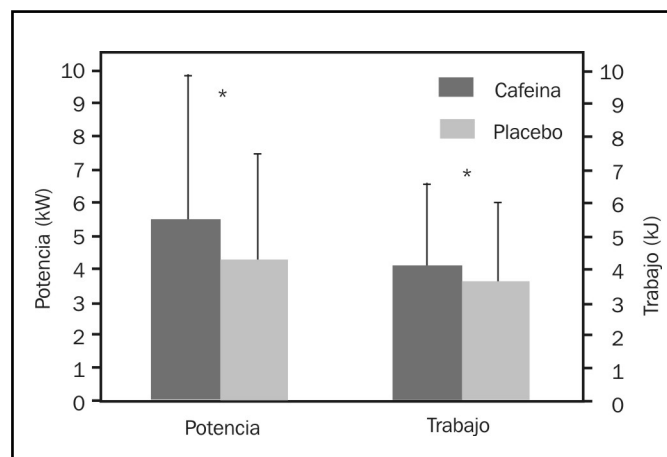
Variable (unidades)	Cafeína	Placebo	P
Velocidad media (m/s)	0,76±0,32	0,70±0,31	0,287
Aceleración media (m/s ²)	3,56±3,19	3,01±1,74	0,530
Tiempo fase acelerativa (ms)	675±321	676±335	0,989
Fuerza media (N)	886±207	831±156	0,517
Potencia media (kW)	0,70±0,42	0,59±0,34	0,376

En la prueba del máximo número de dominadas hasta la fatiga, se observó un 13,5% de incremento en el número de repeticiones con la ingesta de cafeína frente al placebo (12,1±6,9 vs. 10,7±5,7 repeticiones). De la misma forma, el día que tomaron 3mg/kg cafeína en forma de bebida energética, los escaladores desarrollaron un 28,5% más de potencia total (5,51±4,42 kW con cafeína vs. 4,29±3,22 kW con placebo; $P = 0,04$) así como un 11% más de trabajo total (4,17±2,40 kJ con cafeína vs. 3,76±2,08 kJ con placebo; $P = 0,04$) (Figura 1).

En la Tabla 2 podemos observar los valores obtenidos en la dinamometría manual efectuada antes y después de la vía de escalada. La ingesta de 3mg/kg de cafeína incrementó los valores de fuerza de prensión manual, si bien sólo presentó significación estadística en la mano dominante. Entre la toma anterior y posterior a la escalada, se produjo una pérdida en la fuerza de prensión manual ($P < 0,01$ en ambas manos), no presentando la cafeína ningún efecto en la reducción de esta pérdida de fuerza pre-post ascenso ($P > 0,05$).

En la Tabla 3 podemos ver los tiempos empleados para ambos ascensos a la vía de escalada. La mejora en el primer ascenso fue del 13,8%, mientras que en el segundo fue del 18,6%. En ambos ascensos

Figura 1. Potencia (kW) y trabajo (kJ) total realizada durante la prueba de dominadas hasta la fatiga.



* $P < 0,05$ diferencias significativas entre la ingesta de 3mg/kg de cafeína frente a la ingesta de sustancia placebo.

Tabla 2. Resultados de la dinamometría pre y post escalada.

Dinamometría (kg)	Cafeína	Placebo	P valor t-test	P cafeína placebo	P pre-post	P pre-post x cafeína-placebo
Dominante pre	52,01±8,92	50,08±5,8	0,322	0,008	0,001	0,718
Dominante post	42±7,44	38,86±6,71	0,108			
No dominante pre	50,53±7,43	48,13±6,36	0,104	0,233	0,000	0,141
No dominante post	40,11±7,29	39,77±6,84	0,774			

Tabla 3. Tiempos parciales y total empleados (segundos) en la escalada de la vía.

Tiempos (s)	Cafeína	Placebo	P
Ascenso 1	118,9±37,1	137,9±56,4	0,082
Ascenso 2	138,7±78,1	170,4±101,8	0,052
Tiempo total	257,6±108,2	308,3±142,4	0,042

se muestra una tendencia a la significación con la ingestión de la bebida energética respecto del placebo ($P<0,10$). Al realizar el sumatorio de tiempo de los dos ascensos la cafeína produjo una reducción significativa del tiempo empleado ($P=0,04$). La ingesta de la bebida energética redujo, como promedio, 50 segundos el tiempo de ascenso, lo que representa un 16,4% de mejora en el rendimiento específico de esta modalidad deportiva.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar la influencia de la ingesta de 3mg/kg de cafeína en forma de bebida energética en el rendimiento en la escalada deportiva. Para ello nueve escaladores no profesionales realizaron test específicos de fuerza (fuerza explosiva y resistencia a la fuerza de miembros superiores, de prensión manual y escalada de una vía en rocódromo) después de tomar una bebida energética o una bebida placebo. La cafeína ha mostrado efectos ergogénicos en todas las pruebas realizadas con la excepción de la dominada ejecutada a máxima velocidad en la que los efectos no alcanzaron significación estadística (Tabla 1).

La ingesta de cafeína ha incrementado el número de dominadas repetidas hasta la fatiga, realizando de media una repetición más el día que ingirieron la bebida energética en comparación al placebo. En la modalidad deportiva que nos ocupa, la escalada deportiva, tienen que realizarse múltiples esfuerzos de flexión de brazos para superar las dificultades de la vía, por lo que la mejora mostrada en nuestro estudio en esta variable tendría asociada una ventaja para el desempeño deportivo de esta modalidad. El empleo de la cafeína en pruebas de fuerza hasta la fatiga ha mostrado efectos diversos en el caso de los miembros

superiores^{15,16,21-24}. Nuestros datos aportan un efecto ergogénico en esta prueba de fuerza resistencia, en la línea de los estudios de Duncan *et al.*²²⁻²⁴, quienes encontraron mejoras en la fuerza en press de banca con la ingesta de cafeína, en un ejercicio de máximo número de repeticiones hasta la fatiga al 60% del 1RM. Sin embargo, empleando una cantidad mayor de cafeína (6mg/kg) otros estudios no han encontrado diferencias estadísticamente significativas en el número de repeticiones hasta la fatiga, si bien los valores promedio eran más elevados con cafeína^{15,21}. Las diferentes metodologías empleadas, como el nivel de entrenamiento de los participantes, su consumo habitual de café, o la forma de administrar la cafeína (cápsulas o bebida deportiva), dificulta la comparación entre estudios y requiere más investigación para poder extrapolar los beneficios que sí se han constatado en miembros inferiores¹⁴.

Por otra parte, al igual que la fuerza resistencia es importante para la escalada deportiva, en ocasiones es preciso hacer una flexión de brazos explosiva/máxima para alcanzar una presa que se encuentra alejada de la posición del deportista. El gesto técnico y la acción muscular, es muy similar al que se ejecuta en la prueba de una dominada a máxima velocidad de ejecución. En esta prueba, la cafeína no ha mostrado efecto ergogénico ($P>0,05$), si bien los valores de fuerza, velocidad y potencia han sido siempre superiores con la ingesta de 3 mg/kg de cafeína frente a la ingesta de la sustancia placebo. Bazzucchi *et al.*²⁵, mostraron que en contracciones dinámicas máximas de corta duración, como ocurre en esta prueba, la velocidad angular se mejora con la ingesta de cafeína, así como la velocidad de conducción a la fibra muscular. Sin embargo, en una prueba con alta especificidad para la escalada deportiva, como es una dominada a máxima velocidad, estadísticamente no se ha constatado esta mejora significativa. Es probable que la dosis de cafeína empleada en el estudio de Bazzucchi *et al.*²⁵, de 6 mg de cafeína por kg corporal, pudiese tener un efecto superior al encontrado en estos escaladores donde la dosis ha sido más reducida. No obstante, en este tipo de pruebas aún no existe evidencia científica que demuestre el beneficio de la cafeína y es necesario un mayor número de investigaciones²⁶.

La cafeína ha demostrado en nuestro estudio que afecta de forma significativa en la fuerza de prensión manual (mano dominante $P<0,01$), de acuerdo a anteriores trabajos que indican mejoras significativas con la ingesta de cafeína en la máxima fuerza voluntaria isométrica²⁷. La fatiga generada por la prueba de escalada redujo la fuerza muscular de la mano entre el valor inicial y el encontrado tras los dos ascensos ($P<0,01$). Sin embargo, la cafeína no ha reducido esta pérdida de fuerza

producida por la fatiga que genera el ascenso de la vía. Esto puede deberse a que con la ingesta de cafeína el ascenso se produce a mayor velocidad, por lo que el trabajo y potencia total desarrollados durante el ascenso habría sido superior en la prueba realizada con cafeína. Cuando el trabajo realizado es equivalente, Del Coso *et al.*²⁸ constataron que la cafeína sí reducía la pérdida de fuerza experimentada por la fatiga, por lo que podemos pensar que si el ascenso se hubiese realizado de forma idéntica en ambas disposiciones experimentales, la cafeína habría tenido un efecto positivo en la reducción de la pérdida de fuerza por fatiga.

Por último, la ingesta de 3 mg/kg de cafeína demostró eficacia en la prueba de mayor especificidad para la escalada deportiva. El tiempo de ascenso por dos ocasiones en una vía de dificultad V+, de 14 metros de recorrido vertical, se vio reducido un 16,4% lo que sin duda puede conllevar una ventaja en la práctica deportiva. La mejora en esta prueba puede venir condicionada por múltiples factores, entre los que se encuentran aspectos físicos y otros factores relacionados con el control motor y la habilidad técnica. Algunos estudios han encontrado que cantidades de cafeína similares a las empleadas en nuestro estudio no tienen incidencia en la habilidad técnica^{29,30}, por lo que podríamos asumir que la mejora encontrada en la prueba específica de escalada viene determinada por el efecto ergogénico mostrado en la fuerza resistencia y la fuerza máxima de prensión manual, ambos aspectos de crucial relevancia para el rendimiento en la escalada deportiva^{2,3}.

Inicialmente, los efectos ergogénicos de la cafeína se atribuyeron a la mejora en la oxidación de grasas y el consiguiente ahorro en el gasto de glucógeno para pruebas de larga duración³¹. No obstante, la cafeína ha demostrado ser ergogénica también en actividades de corta duración, donde el incremento en la oxidación de grasas no tendría un efecto ergogénico^{17,32}. Más recientemente, se ha encontrado que la cafeína puede afectar a la capacidad muscular a través de la mejora de la liberación de Ca⁺⁺ en el retículo sarcoplasmático o del incremento en el reclutamiento de unidades motoras por la inhibición de las acciones de la adenosina en el sistema nervioso central^{33,34}. En este estudio no hemos medido el origen de la mejora propiciada por la cafeína, pero por la variedad de las pruebas realizadas en este estudio, es probable que el efecto de la cafeína sea debido a la inhibición de la adenosina (factor central) y a la mayor liberación de Ca⁺⁺ en la fibra muscular (factor periférico).

Además de los efectos positivos demostrados para el rendimiento deportivo, la cafeína puede llevar asociados efectos secundarios adversos^{26,35} por lo que este es un aspecto que también debe considerarse a la hora de emplear la cafeína como ayuda ergogénica en la práctica deportiva. En la dosis empleada en nuestro estudio se ha encontrado que en torno al 25% de los participantes mostraban dificultad para dormir y un incremento en la producción de orina, si bien la frecuencia de aparición de estos efectos secundarios no mostraba diferencias significativas con respecto a la sustancia placebo¹⁷. Sí aparecieron diferencias en el nivel de activación del participante, lo que no tendría un efecto perjudicial para la salud del deportista¹⁷.

Una de las limitaciones del estudio puede surgir por el empleo de la cafeína en forma de bebida energética. Esta bebida energética, además de la cafeína, incluye taurina, glucoronolactona y vitaminas del grupo B, entre otros componentes, que podrían afectar al rendimiento. La mayoría de estudios con cafeína han sido desarrollados usando ca-

feína en forma de cápsulas^{7,28,36}. No obstante, actualmente las bebidas energéticas son la forma más extendida en el ámbito deportivo³⁷. Tres de cada cuatro deportistas en Estados Unidos y Canadá los emplean como ayuda ergogénica^{38,39}. Para buscar una aplicación práctica, decidimos emplear la cafeína en forma de bebida energética. No obstante, consideramos que el resto de componentes no han influido en los resultados obtenidos, ya que éstos se encontraban en las mismas cantidades en la bebida placebo.

Otra limitación del estudio es la carencia de muestras biológicas para analizar el contenido en orina previo a la ingesta de la bebida energética, que asegurase el cumplimiento de las recomendaciones realizadas por los investigadores de evitar el consumo de productos con cafeína. Igualmente, la toma de medidas biológicas al finalizar las pruebas habría permitido evaluar la asimilación de la cafeína, además de poder evaluar la carga fisiológica que suponía para los participantes ambas disposiciones experimentales.

Por lo tanto, podemos concluir con este estudio que la ingesta de 3 mg/kg de cafeína en forma de bebida energética mejora variables determinantes para el rendimiento en escalada deportiva, como la fuerza isométrica manual, así como la resistencia a la fatiga en el ejercicio de dominadas. El rendimiento deportivo específico también mejoró de forma significativa, por lo que su empleo en esta dosis podría ofrecer un efecto ergogénico para la práctica de esta modalidad deportiva.

Bibliografía

1. Sheel AW. Physiology of sport rock climbing. *Br J Sports Med.* 2004;38(3):355-9. Epub 2004/05/25.
2. Watts PB. Physiology of difficult rock climbing. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(4):361-72. Epub 2004/02/27.
3. Giles LV, Rhodes EC, Taunton JE. The physiology of rock climbing. *Sports medicine.* (Auckland, NZ). 2006;36(6):529-45. Epub 2006/06/02.
4. Butt MS, Sultan MT. Coffee and its consumption: benefits and risks. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2011;51(4):363-73. Epub 2011/03/25.
5. WADA. World Antidoping Agency. 2012 [cited 2012]; Disponible en: <http://www.wada-ama.org/>.
6. Del Coso J, Munoz G, Munoz-Guerra J. Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Applied physiology, nutrition, and metabolism. Appl Physiol Nutr Metab.* 2011;36(4):555-61. Epub 2011/08/23.
7. Burke LM. Caffeine and sports performance. *Applied physiology, nutrition, and metabolism. Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33(6):1319-34.
8. Del Coso J, Munoz-Fernandez VE, Munoz G, Fernandez-Elias VE, Ortega JF, Hamouti N, *et al.* Effects of a caffeine-containing energy drink on simulated soccer performance. *PLoS one.* 2012;7(2):e31380. Epub 2012/02/22.
9. Hornery DJ, Farrow D, Mujika I, Young WB. Caffeine, carbohydrate, and cooling use during prolonged simulated tennis. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007;2(4):423-38. Epub 2009/01/28.
10. Del Coso J, Portillo J, Munoz G, Abian-Vicen J, Gonzalez-Millan C, Munoz-Guerra J. Caffeine-containing energy drink improves sprint performance during an international rugby sevens competition. *Amino acids.* 2013. Epub 2013/03/07.
11. Ganio MS, Klau JF, Casa DJ, Armstrong LE, Maresca CM. Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *J Strength Cond Res.* 2009;23(1):315-24. Epub 2008/12/17.
12. Graham TE. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Med (Auckland, NZ).* 2001;31(11):785-807. Epub 2001/10/05.
13. Davis JK, Green JM. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports Med. (Auckland, NZ)* 2009;39(10):813-32. Epub 2009/09/18.
14. Warren GL, Park ND, Maresca RD, McKibans KI, Millard-Stafford ML. Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(7):1375-87. Epub 2009/12/19.

15. Astorino TA, Rohmann RL, Firth K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *Eur J Appl Physiol*. 2008;102(2):127-32. Epub 2007/09/14.
16. Green JM, Wickwire PJ, McLester JR, Gendle S, Hudson G, Pritchett RC, et al. Effects of caffeine on repetitions to failure and ratings of perceived exertion during resistance training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2007;2(3):250-9. Epub 2007/09/01.
17. Del Coso J, Salinero JJ, Gonzalez-Millan C, Abian-Vicen J, Perez-Gonzalez B. Dose response effects of a caffeine-containing energy drink on muscle performance: a repeated measures design. *J Int Soc Sports Nutr*. 2012;9(1):21. Epub 2012/05/10.
18. UIAA. *The UIAA Guidebook Standards*. Berna, Suiza: Union Internationale des Associations d' Alpinisme; 2013. Disponible en: http://www.theuiaa.org/upload_area/files/1/Comparison_between_UIAA_grades_and_other_grading_systems.pdf.
19. Atkinson G, Reilly T. Circadian variation in sports performance. *Sports Med*. (Auckland, NZ) 1996;21(4):292-312. Epub 1996/04/01.
20. Armstrong LE. Caffeine, body fluid-electrolyte balance, and exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2002;189-206.
21. Goldstein E, Jacobs PL, Whitehurst M, Penhollow T, Antonio J. Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010;7:18. Epub 2010/05/18.
22. 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. Epub 2011/11/30.
23. Duncan MJ, Oxford SW. The effect of caffeine ingestion on mood state and bench press performance to failure. *J Strength Cond Res*. 2011;25(1):178-85. Epub 2010/12/16.
24. Duncan MJ, Oxford SW. Acute caffeine ingestion enhances performance and dampens muscle pain following resistance exercise to failure. *J Sports Med Phys Fitness*. 2012;52(3):280-5. Epub 2012/06/01.
25. Bazzucchi I, Felici F, Montini M, Figura F, Sacchetti M. Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. *Muscle & nerve*. 2011;43(6):839-44. Epub 2011/04/14.
26. Campbell B, Wilborn C, La Bounty P, Taylor L, Nelson MT, Greenwood M, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10(1):1. Epub 2013/01/04.
27. Park ND, Maresca RD, McKibans KI, Morgan DR, Allen TS, Warren GL. Caffeines enhancement of maximal voluntary strength and activation in uninjured but not injured muscle. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2008;18(6):639-52. Epub 2009/01/24.
28. Del Coso J, Estevez E, Mora-Rodriguez R. Caffeine effects on short-term performance during prolonged exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(4):744-51. Epub 2008/03/05.
29. 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(3):191-7.
30. Share B, Sanders N, Kemp J. Caffeine and performance in clay target shooting. *J Sports Sci*. 2009;27(6):661-6.
31. Graham TE, Battram DS, Dela F, El-Sohemy A, Thong FS. Does caffeine alter muscle carbohydrate and fat metabolism during exercise? Applied physiology, nutrition, and metabolism. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008;33(6):1311-8. Epub 2008/12/18.
32. Astorino TA, Roberson DW. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. *J Strength Cond Res*. 2010;24(1):257-65. Epub 2009/11/20.
33. Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2003;284(2):R399-404. Epub 2002/10/26.
34. Magkos F, Kavouras SA. Caffeine use in sports, pharmacokinetics in man, and cellular mechanisms of action. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2005;45(7-8):535-62.
35. Clauson KA, Shields KM, McQueen CE, Persad N. Safety issues associated with commercially available energy drinks. *J Am Pharm Assoc*. 2008;48(3):e55-63; quiz e4-7. Epub 2008/07/04.
36. Doherty M, Smith PM. Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2004;14(6):626-46. Epub 2005/01/20.
37. Hoffman JR. Caffeine and energy drinks. *Strength and Conditioning Journal*. 2010;32(1):15-20.
38. Froiland K, Koszewski W, Hingst J, Kopecky L. Nutritional supplement use among college athletes and their sources of information. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2004;14(1):104-20. Epub 2004/05/08.
39. Kristiansen M, Levy-Milne R, Barr S, Flint A. Dietary supplement use by varsity athletes at a Canadian university. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2005;15(2):195-210. Epub 2005/08/11.