

La cafeína y su efecto ergogénico en el deporte (primera parte)

Antonio García Moreno

Universidad Pablo de Olavide. Sevilla

Recibido: 18.02.2016
Aceptado: 19.04.2016

Resumen

Los efectos de la cafeína sobre el organismo humano han sido estudiados desde hace tiempo y, a día de hoy, ya conocemos gran parte de sus características. En el mundo del deporte, la cafeína es una de las ayudas ergogénicas más populares y empleadas por entrenadores y atletas. Debido a su importancia, en este trabajo nos hemos propuesto el objetivo de analizar los efectos ergogénicos de la cafeína sobre el rendimiento deportivo y todo lo que rodea a esta acción, a través de una revisión de la literatura científica más actual. Hemos seleccionado aquellos estudios que incluyeran sujetos bien entrenados realizando una actividad física que reflejara las actuales prácticas en el deporte, prestando mucha atención a la metodología empleada, esto es la dosis, el momento y la forma de administración de la cafeína, para conseguir alcanzar nuestra meta de constituir una guía actualizada sobre todo lo que rodea a la cafeína como ayuda ergogénica en el deporte. Los resultados obtenidos nos han mostrado una gran variedad de estudios que han investigado acerca de la cafeína y el ejercicio físico siguiendo diferentes metodologías, lo que provoca una imposibilidad de generalizar sobre el asunto. Sin embargo, hemos podido extraer valiosas conclusiones como la clara tendencia hacia la efectividad de la cafeína como ayuda ergogénica en situaciones determinadas, nuevos hallazgos que tienen que ver con el uso de la cafeína en días consecutivos de actividad física, el mejor momento del día para el consumo de la sustancia o la administración estratégica de cafeína para contrarrestar la falta de sueño, y hacia dónde se dirigen las últimas tendencias en investigación dentro de la materia.

Palabras clave:

Cafeína. Efectos ergogénicos.
Deportes. Ejercicio aeróbico.

Caffeine and its ergogenic effect in sport (first part)

Summary

The effects of caffeine on the human body have been studied for some time and much is now known about its characteristics. In the sports world, caffeine is one of the most popular ergogenic aids and is widely used by coaches and athletes. Given its importance, in this paper we analyze the ergogenic effects of caffeine on athletic performance and related actions, through a review of the latest scientific literature. We selected studies that included well-trained subjects performing a physical activity that reflects current practices in sport. Close attention was given to the methodology used, including the dose, timing and administration method of the caffeine, with the aim of establishing an updated guide to caffeine as an ergogenic aid in sport. The results show there are a variety of studies that have investigated the effects of caffeine on exercise using different methodologies, making it impossible to reach a general assumption. Nevertheless, we are able to draw valuable conclusions including the clear trend towards the effectiveness of caffeine as an ergogenic aid in certain situations, new findings that deal with the use of caffeine on consecutive days of physical activity, the best time of day to take the substance, the strategic management of caffeine to counteract sleep deprivation, and in what direction the latest research trends in this field are moving.

Key words:

Caffeine. Ergogenic effects.
Sports. Aerobic exercise.

Correspondencia: Antonio García Moreno
E-mail: antoniogm91@hotmail.com

Introducción

Esta revisión surge una década después de la eliminación de la cafeína de la lista de sustancias prohibidas de la Agencia Mundial Antidopaje (WADA). Una de las razones por las que la WADA eliminó la cafeína de la lista de las sustancias prohibidas, fue que muchos expertos consideraban que la sustancia era omnipresente en gran variedad de bebidas y alimentos, por lo que los atletas podían ser sancionados por un consumo social o dietario de la cafeína. Además, la cafeína es metabolizada en diferente grado en cada individuo y, por lo tanto, las concentraciones de orina pueden variar considerablemente y no siempre tener correlación con la dosis ingerida¹.

El efecto ergogénico que la cafeína genera sobre el rendimiento humano se encuentra bastante aceptado. Partiendo de las revisiones más actuales de la materia^{2,3}, se puede extraer que la cafeína ayuda a mejorar el rendimiento en numerosas situaciones deportivas dependiendo siempre de diferentes variables como la intensidad del ejercicio, cantidad de dosis administrada, habituación y nivel de entrenamiento de los sujetos, entre otras.

Fisiológicamente, la acción de la cafeína en todo el cuerpo es difícil de determinar con precisión debido a la naturaleza de su amplia distribución en los tejidos corporales. Se considera, en gran parte, que la cafeína actúa como un estimulante del sistema nervioso central; sin embargo, los efectos de ahorro de glucógeno, la capacidad de aumentar la movilización de ácidos grasos e inducir la liberación de catecolaminas, así como los efectos directos sobre el músculo han sido contrastados como mecanismos que contribuyen al efecto ergogénico de la sustancia^{1,3}.

La mejora del rendimiento en ejercicios de resistencia parece ser el punto en común de la mayoría de estudios que han investigado este asunto. Aunque existen algunos casos de resultados contradictorios, la gran tendencia parece concluir que tanto dosis pequeñas de cafeína como dosis más altas o moderadas producen efectos beneficiosos en las actividades aeróbicas^{2,4,5}.

Sin embargo, el grado de acuerdo en torno a las actividades de naturaleza anaeróbica, así como los ejercicios basados en la fuerza y la potencia, es bastante menor. Las evidencias presentadas en algunos estudios sugieren que la cafeína puede potenciar directamente la fuerza del músculo esquelético, el trabajo y la potencia, lo que bien puede contribuir a los efectos de mejora del rendimiento global en este tipo de ejercicios^{3,6,7}. No obstante, otras investigaciones obtienen resultados muy diferentes que provocan el rechazo de este supuesto^{8,9}.

Lo mismo, pero a un nivel menor, ocurre con los estudios efectuados en situaciones reales de entrenamiento o competición de diferentes deportes. Aunque el estudio de los efectos ergogénicos de la cafeína en eventos "*in situ*" es lo que más se acerca a la realidad, la idiosincrasia de estos eventos implica que se lleven a cabo en entornos muy abiertos y variables, exponiéndose a una amplia gama de resultados, ya que estos dependen de si un deporte es de equipo o individual, o de la técnica y táctica de los jugadores, entre otras. A pesar de ello, gran parte de los estudios realizados en este campo concluyen con la efectividad ergogénica de la cafeína en el deporte^{2,10,11}.

Para una mejor comprensión del porqué del considerable ratio de resultados obtenidos, se tendría que entender tanto la gran variedad de aproximaciones metodológicas llevadas a cabo en este tipo de estudios como la dificultad que conlleva la realización de una investigación en este ámbito, lo que sumado genera unos resultados muy diversos.

En cuanto al tema metodológico, se ha observado una gran pluralidad a la hora de desarrollar los experimentos: empleando dosis de cafeína bajas (menos de 3 mg/kg) hasta dosis altas (más de 9 mg/kg), lo que consecuentemente influye en la respuesta psíquica y fisiológica del sujeto; administrando la sustancia de forma alternativa en café, cápsulas y bebidas, entre otras, lo que provoca diferentes ritmos de absorción de la cafeína en el organismo; o ingiriendo la cafeína en diferentes momentos respecto al ejercicio físico, desde minutos antes del inicio de la actividad, hasta horas previas al comienzo o durante el desarrollo del mismo ejercicio, lo que induce que la actividad física se realice con niveles dispares de concentración de cafeína en el organismo. También, se ha de prestar atención al tipo de protocolo diseñado, si se ajusta a la realidad del deporte o ejercicio físico, el nivel de entrenamiento de los sujetos o la familiarización de estos con el protocolo de actividad, ya que todo esto va a tener una influencia sobre el resultado final del rendimiento.

Por otra parte, la complejidad que conlleva la realización de este tipo de estudios se ve reflejada en una serie de factores que van a modificar y/o limitar los resultados de las investigaciones. Los factores más importantes a tener en cuenta son: la habituación de los participantes a la sustancia, efectos secundarios de la cafeína, efectos provocados por la abstinencia a la sustancia, intensidad del ejercicio y el diferente grado de metabolización de la cafeína en cada individuo³.

De esta forma, aunque la efectividad de la cafeína como potenciador del rendimiento haya sido ampliamente contrastada, las discrepancias surgidas han provocado que sea muy complicado realizar una valoración precisa sobre la acción específica de la cafeína.

En este estudio, se ha propuesto dar solución a este problema, a través de una revisión de los estudios más actuales que han trabajado sobre los efectos ergogénicos de la cafeína en el deporte. De esta forma, se persigue alcanzar el objetivo de proporcionar una herramienta útil a los integrantes del mundo del deporte, en la que puedan consultar las características de la cafeína y sus efectos ergogénicos en las diferentes situaciones deportivas, cómo y cuándo se puede administrar, los factores que hay que controlar y, en definitiva, una guía actualizada con rigor científico sobre todo lo que rodea a la cafeína como ayuda ergogénica en el deporte.

Además, se hará un repaso a las nuevas tendencias en investigación dentro de la materia², que dirigen su interés hacia:

- La administración de cafeína en formas alternativas.
- Efecto de la cafeína sobre el rendimiento en condiciones ambientales adversas.
- Efecto de la cafeína sobre el rendimiento en deportistas consumidores habituales contra consumidores no habituados a la sustancia.
- Efecto de la cafeína sobre el tiempo de reacción.

- Efecto de la cafeína sobre las dimensiones cognitivas y perceptivas del deportista.
- Efectos secundarios derivados del consumo de cafeína.

Por último, se expondrán novedosos resultados extraídos de las últimas investigaciones, que todavía no han sido recogidos en ninguna revisión de la cafeína en el deporte hasta nuestro trabajo, como son:

- El efecto de la cafeína sobre el rendimiento en función del momento del día.
- El efecto de la cafeína sobre el rendimiento en ejercicio realizado en días consecutivos.
- El efecto de la cafeína sobre el período de recuperación y el dolor muscular de aparición tardía (DOMS).
- El efecto de la cafeína sobre el rendimiento en un estado de privación del sueño.

Metodología

En la realización de esta revisión sistemática, se emplearon las bases de datos *Medline*, *Scopus* y *Sport Discus* para la búsqueda bibliográfica de artículos. Esta búsqueda se llevó a cabo usando los términos cafeína y deporte en español, y en inglés se empleó *caffeine and sports*, añadiendo otro término más como *caffeine and sports performance* con el objetivo de encontrar la mayor cantidad de información posible relacionada con la cafeína en el deporte. Además, la búsqueda se acotó entre los años 2005 y 2015, ya que la intención del estudio era la de recopilar los trabajos más actuales en la materia.

De esta forma, logramos una cantidad de 361 documentos, entre artículos y revisiones, relacionados con la cafeína en el deporte. A continuación, realizamos una criba con todos los artículos para conseguir tener una relación de los que trataran sobre nuestro tema elegido. Para ello, y partiendo de nuestros objetivos, establecimos una serie de criterios de inclusión que los artículos tenían que cumplir para ser admitidos en el estudio. Estos criterios fueron:

- Artículos que investiguen acerca de los efectos ergogénicos de la cafeína sobre el rendimiento en pruebas deportivas, aeróbicas o anaeróbicas.
- Artículos que utilicen protocolos que incluyan sujetos bien entrenados y familiarizados con la actividad, que reflejen las actuales prácticas en el deporte y/o que simulen eventos reales.
- Artículos cuya metodología especifique la dosis, forma y momento de administración de la cafeína.

Así, los artículos que no cumplieron con los criterios fueron excluidos del trabajo. Tras esta criba, el número de artículos de investigación que permanecieron para ser estudiados fue de 87.

Entre las revisiones, se estudiaron y compararon las más actuales para indagar acerca de los antecedentes y del estado actual de la cuestión y establecer, de esa forma, el punto de partida de nuestro estudio.

Tras todo este trabajo realizado, se recopilaron los datos de todos los estudios para su posterior clasificación en función de los siguientes apartados:

- Efecto ergogénico de la cafeína sobre el ejercicio aeróbico
- Efecto ergogénico de la cafeína en los deportes
- Efecto ergogénico de la cafeína sobre el ejercicio anaeróbico

- Metodología de los estudios sobre cafeína y deporte
- Últimas tendencias en investigación sobre cafeína y deporte
- Novedades en investigación sobre cafeína y deporte

Resultados y discusión de los estudios

Efecto ergogénico de la cafeína sobre el ejercicio aeróbico

La relación entre actividad física aeróbica y cafeína es uno de los temas más estudiados dentro del mundo científico de las ayudas ergogénicas en el deporte. Dos estudios emplearon un protocolo parecido pero con metodología diferente para investigar el efecto de la cafeína sobre la resistencia en ciclistas bien entrenados^{4,5}. La prueba consistió en una primera parte de rodaje en cicloergómetro al 60% del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), en la que los sujetos del primer estudio pedalearon durante 60 minutos y los del segundo estudio durante 105 minutos, seguidos de una segunda parte consistente en una prueba contrarreloj de 40 kilómetros (km) a realizar en el menor tiempo posible. En el primer estudio⁴, los ciclistas ingirieron 3 mg/kg de cafeína mediante cápsulas 1 hora antes del comienzo de la prueba, mientras que los ciclistas del segundo estudio⁵ tomaron una solución de glucosa y carbohidratos con 5,3 mg/kg de cafeína añadida al comienzo de la prueba y durante intervalos de 15 minutos en la primera parte. En ambos estudios, los ciclistas mejoraron el rendimiento en la prueba contrarreloj tras la ingesta de cafeína. Otro estudio realizado con ciclistas¹², demostró que la ingesta de 6 mg/kg de cafeína 1 hora antes del ejercicio mejoraba el rendimiento en una prueba de 1 hora de duración, ya que los participantes recorrieron más distancia con la administración de cafeína que con el placebo. En la misma línea de exploración, investigadores noruegos¹³ diseñaron una prueba para esquiadores de fondo de alto nivel, que consistía en realizar una prueba de 8 km a completar en el menor tiempo posible sobre un simulador de esquí. A los participantes se les proporcionó una bebida concentrada para deportistas que contenía 6 mg/kg de cafeína o placebo 75 minutos antes de la realización del test. La cafeína consiguió disminuir significativamente el tiempo de realización de la prueba respecto al placebo.

Estos estudios han demostrado que, dosis bajas y moderadas de cafeína administradas en diferentes momentos proporcionan una mejora del rendimiento en pruebas de resistencia, lo que respalda la eficacia de la cafeína como suplemento ergogénico. Posiblemente, esto se deba, como sugiere el estudio noruego¹³, a una disminución del esfuerzo percibido inducido por la cafeína, lo que permite que el sujeto pueda ejercitarse a una mayor intensidad y con una frecuencia cardíaca más elevada.

No obstante, un estudio realizado en 2005¹⁴ con corredores de élite masculinos de larga distancia, concluyó que la dosis de 5 mg/kg de cafeína aplicada a los sujetos 60 minutos antes de la prueba no era efectiva para mejorar el rendimiento en el test de Course-Navette. Los investigadores no controlaron el nivel de habituación de los sujetos a la sustancia o si la ingesta de cafeína había producido algún efecto secundario que perjudicara a los atletas durante la prueba, por lo que

el motivo de los resultados es desconocido. Sin embargo, otro estudio realizado a atletas entrenados¹⁵, dictaminó que la administración de 6 mg/kg de cafeína 60 minutos antes del ejercicio, generaba un incremento significativo sobre el rendimiento de los participantes en una prueba de ejercicio prolongado intermitente de alta intensidad, en el que se combinaban *sprints* máximos con períodos de recuperación activa durante 2 partes de 36 minutos separadas por 10 minutos de descanso pasivo. De esta forma, podemos observar resultados contradictorios en sujetos parecidos que realizan una actividad de base aeróbica y reciben dosis muy similares en el mismo momento antes de empezar el ejercicio.

Por lo tanto, aunque podemos considerar que la efectividad de la cafeína como ayuda ergogénica en pruebas de resistencia se encuentra bastante contrastada y su uso parece mejorar el rendimiento en sujetos entrenados, se hace necesario controlar los factores que rodean la administración de la sustancia para conseguir el efecto deseado.

Efecto ergogénico de la cafeína en los deportes

Muchos de los trabajos que investigan sobre los efectos de la cafeína en el rendimiento se realizan en condiciones de laboratorio y, aunque muchos intentan reproducir los parámetros de la práctica, no es posible captar la totalidad del ambiente que envuelve a la actividad sobre el terreno. Los investigadores son conscientes de la complejidad que conlleva controlar un estudio sobre el terreno, ya que las características del ambiente y de la práctica pueden variar mucho, incluso el rendimiento en el juego puede alterarse tanto en deportes individuales como colectivos, debido a factores como la táctica o estrategia, nivel de motivación, entre otros. Aun así, el número de estudios que han investigado acerca del rendimiento deportivo en entrenamientos o competiciones "in situ" bajo el efecto de la cafeína han ido aumentando a lo largo de estos últimos años.

Deportes individuales

Atletismo

Un trabajo¹⁶ estudió el efecto de ingerir 3 mg/kg de cafeína 1 hora antes de correr una prueba de 8 km en pista sobre corredores competitivos bien entrenados. Los resultados mostraron un tiempo más rápido en los 8 km tras la ingesta de cafeína en comparación con el placebo. Mismos efectos se observaron en otro estudio¹⁷ realizado sobre corredores entrenados en una prueba de 5 km, que habían consumido 5 mg/kg de cafeína 1 hora antes de la prueba. En ambos estudios, los atletas mejoraron su rendimiento con el suplemento de cafeína (de 3 y 5 mg/kg) tomado 1 hora antes del ejercicio.

Lanzamiento de peso

Una investigación de Bellar *et al*¹⁸ utilizó a lanzadores de peso universitarios para observar el efecto de un chicle con 100 mg de cafeína añadida sobre 6 lanzamientos reglamentarios. Los sujetos mascararon el chicle durante 5 minutos y después lo desecharon, 20 minutos antes de empezar la ronda de lanzamientos. La cafeína aumentó significativamente la distancia de los lanzamientos, por lo que se demuestra que una dosis baja de 100 mg de la sustancia es suficiente para mejorar el rendimiento en lanzadores de peso.

Natación

Vandenbogaerde y Hopkins¹⁹ diseñaron un estudio con 9 nadadores de élite, en el que midieron el rendimiento en las pruebas de su especialidad en entrenamientos y competiciones, por la mañana y por la tarde. Los nadadores ingirieron 100 mg de cafeína 75 minutos antes de iniciar sus pruebas y los resultados mostraron que el rendimiento de los participantes era mejor por la tarde que por la mañana, en competiciones que en entrenamientos, y con el uso de cafeína respecto a las pruebas de control. Una dosis baja de cafeína, como son 100 mg, pudo mejorar el rendimiento en nadadores tanto en las competiciones como en los entrenamientos, lo que puede servir de utilidad para programar un uso de la sustancia cuando se desee.

Ciclismo

Un estudio realizado por Bortolotti *et al*²⁰, seleccionó a 13 ciclistas de competición y entrenados para realizar un circuito de 20 km en modo contrarreloj diseñado para la ocasión. Los ciclistas tomaron cápsulas que contenían 6 mg/kg de cafeína o placebo 1 hora antes del comienzo de la prueba, pero los resultados entre cafeína y placebo fueron similares. La dosis de 6 mg/kg no mejoró el rendimiento de los ciclistas, sin embargo, la libertad de los participantes para elegir su cadencia y engranaje, sumado al diseño del circuito, el cual incluía zonas con fuertes desniveles que endurecían la prueba, provocaban que los atletas escogieran diferentes estrategias para afrontar el recorrido. Este puede ser el motivo que explique los resultados de este estudio²⁰, ya que, por otra parte, dos estudios^{21,22} investigaron el efecto ergogénico de la cafeína sobre ciclistas entrenados pero esta vez en cicloergómetro. En el estudio de Kilding *et al*²¹, los ciclistas realizaron una prueba contrarreloj de 3 km tras la ingesta de 3 mg/kg de cafeína 1 hora antes del comienzo del test. En el estudio de McNaughton *et al*²², los participantes pedalearon durante 1 hora con el objetivo de recorrer la mayor distancia posible con la ayuda de 6 mg/kg de cafeína administrada 1 hora antes del ejercicio. En ambos trabajos, la cafeína mejoró el rendimiento: en el primer estudio²¹ los participantes disminuyeron el tiempo en completar los 3 km en comparación al placebo, mientras que en el segundo estudio²² los ciclistas aumentaron la distancia recorrida en una hora respecto al placebo. De esta forma, parece ser que la cafeína mejora el rendimiento en ciclistas cuando realizan pruebas en ambientes de laboratorio, mientras que cuando el recorrido se traslada a un circuito abierto, entran en juego más variables que pueden influenciar el resultado.

Remo

En la disciplina de remo, no encontramos ningún estudio realizado sobre el terreno. No obstante, tres trabajos^{11,23,24} realizaron investigaciones usando el mismo protocolo: remeros bien entrenados se enfrentaron a un test de 2.000 metros a completar en el menor tiempo posible en un remoergómetro. En el estudio de Scott *et al*¹¹, los atletas tomaron 100 mg de cafeína contenidos en un gel isotónico de carbohidratos 10 minutos antes de la prueba, y los resultados mostraron una mejora significativa en el tiempo del test. En el trabajo de Carr *et al*²³, los remeros ingirieron 6 mg/kg de cafeína en cápsulas 30 minutos antes de la prueba, y también experimentaron mejoras sustanciales en el rendimiento durante los 2.000 metros. La investigación de Skinner *et al*²⁴ combinó 3 dosis diferentes de cafeína: se administraron 2, 4 y 6 mg/kg de la sustancia a

los remeros 60 minutos antes del test. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el rendimiento de la prueba entre las 3 dosis. Hubo un elemento diferencial en este último estudio respecto a los dos primeros, y es que los sujetos realizaron una comida estándar ligera, que contenía 2 g/kg de carbohidratos. La concentración de cafeína en plasma sanguíneo al inicio de la prueba era significativamente más baja en los sujetos del estudio de Skinner *et al*²⁴ en comparación con otros estudios que emplearon las mismas dosis^{15,22}, lo que puede explicar la ausencia de mejora en el rendimiento de la prueba. De esta forma, hay que prestar atención a la alimentación cuando se administra un suplemento de cafeína ya que puede alterar los niveles de la sustancia en plasma, influyendo sobre el rendimiento de los deportistas. A la vista de estos estudios, podemos decir que, tanto dosis bajas (100 mg) como dosis moderadas (6 mg/kg) de cafeína administradas antes de una prueba de 2.000 metros en remoergómetro, pueden mejorar el rendimiento de los remeros.

Bádminton

Dos estudios probaron la eficacia de la cafeína sobre el rendimiento en jugadores de bádminton competitivos. En el primer estudio²⁵, los jugadores ingirieron 3 mg/kg de cafeína contenidos en una bebida energética 60 minutos antes de la prueba; esta consistió en una serie de tests para medir la potencia de salto seguidos de un partido de bádminton de 45 minutos. Tras la ingesta de cafeína, los jugadores experimentaron un incremento significativo de la altura y potencia máxima en los saltos con contramovimiento y desde sentadilla *squatjump*, así como se aumentó el número total de impactos durante el partido. Resultados similares se obtuvieron en el estudio de Clarke y Duncan²⁶, en el que los participantes se enfrentaron a 3 tests que simulaban acciones específicas de bádminton: tiempo de anticipación, precisión en el saque y tiempo de reacción en la elección. Los jugadores tomaron una solución acuosa concentrada con carbohidratos y 4 mg/kg de cafeína añadidos 60 minutos antes de los tests y durante el desarrollo de los mismos, lo que les generó una sustancial mejora en los 3 tests en comparación al placebo. Así, el suplemento de cafeína, entre 3 y 4 mg/kg, a través de bebida energética o bebida con carbohidratos ingeridas 1 hora antes y durante la sesión parece mejorar los patrones de actividad durante el juego en jugadores competitivos de bádminton.

Tenis

Un estudio muy similar al de Abian *et al*²⁵ se llevó a cabo esta vez con jugadores de tenis junior élite. En este caso²⁷, se diseñó una serie de tests consistentes en la medición de fuerza máxima de agarre con ambas manos, velocidad en 3 saques lisos de tenis y velocidad en 8 series de 15 metros *sprint*, a la hora de haber ingerido una bebida energética con 3 mg/kg de cafeína. Tras la realización de los tests, los jugadores descansaron 15 minutos y disputaron un partido de tenis individual al mejor de 3 sets contra un rival de características similares. La cafeína consiguió un aumento en la fuerza máxima de agarre, en la velocidad de los *sprints* durante el test y en la intensidad y número de *sprints* realizados durante el partido respecto al placebo. Además, se observó una tendencia a elevar el porcentaje de puntos ganados con el servicio con la ingesta de cafeína en comparación al placebo. La misma dosis de cafeína, 3 mg/kg, fue empleada en el trabajo de Horney *et al*²⁸.

administrando cápsulas a jugadores de tenis entrenados, 30 minutos antes de un partido de tenis simulado contra una máquina lanza pelotas de una duración de 2 horas y 40 minutos. La duración prolongada del partido indujo significantes disminuciones en las capacidades tenísticas, debido a la mayor demanda fisiológica, pero la suplementación de cafeína pudo atenuar parcialmente los efectos de la fatiga e incrementó la velocidad de saque en la parte final del partido en comparación con el placebo. De esta forma, una dosis pequeña de cafeína, de 3 mg/kg, es suficiente para mejorar aspectos del rendimiento en jugadores de tenis entrenados, ya sea administrando el suplemento en forma de bebida energética 60 minutos antes del ejercicio o 30 minutos antes a través de cápsulas gelatinosas.

Judo

En 2014, se publicó un experimento que incluía a seis judocas masculinos entrenados y con experiencia en competición²⁹, quienes tenían que realizar un ciclo de 5 días de pérdida de peso rápida. Tras la finalización de este período, los participantes consumaron 4 horas de recuperación, comiendo y rehidratándose, y en la tercera hora les fue administrada una cápsula de 6 mg/kg de cafeína. A la conclusión del tiempo de recuperación, los judocas se enfrentaron a 3 luchas del *Senior Judo Fitness Test*, para simular las características de una competición. Entre la ingesta de cafeína y la de placebo no hubo diferencias en el número de tiradas durante las luchas, pero si se observó un nivel de lactato en sangre mayor y un índice del esfuerzo percibido menor con la cafeína respecto al placebo. Así, la cafeína es capaz de reducir los sentimientos de fatiga y acelerar el metabolismo anaeróbico láctico sin alterar el rendimiento en competición de los judocas tras un ciclo de pérdida de peso rápida. Analizando los resultados, hay que tener en cuenta el papel tan importante que juega la técnica y el oponente en judo, ya que aun mejorando las dimensiones fisiológicas, si el rival es mejor técnica o físicamente, tiene más opciones de salir victorioso. Sin embargo, este trabajo ha sentado bases de unas mejoras fisiológicas y cognitivas en judocas de competición, lo que puede servir de guía a próximas investigaciones que se propongan estudiar la relación entre cafeína y judo.

Esgrima

Bottoms *et al*³⁰ llevaron a cabo una investigación con 11 esgrimistas de competición, en la que los participantes realizaron 2 pruebas consistentes en un test de medición de tiempo de reacción y un test de habilidades específicas de esgrima; la primera se realizaba 30 minutos antes de una simulación de competición de esgrima de unos 60 minutos que incluía 6 luchas, mientras que la segunda se ejecutaba a la conclusión de la simulación. Los sujetos ingirieron 3 mg/kg de cafeína o placebo contenidos en un zumo de frutas, tras la finalización de la primera prueba. No se produjeron diferencias significativas en el test del tiempo de reacción entre la cafeína y el placebo, pero en el test de habilidades, la cafeína mostró una tendencia a cometer menos errores en comparación con el placebo. Además, la cafeína redujo el nivel de fatiga percibida, por lo que los resultados sugieren que la dosis baja de 3 mg/kg de cafeína mantiene las habilidades de esgrima a la vez que disminuye el cansancio que perciben los esgrimistas. Este suplemento no ayuda a mejorar el tiempo de reacción en los atletas, pero puede

ser de gran ayuda para los que busquen una optimización de su rendimiento en esgrima.

Deportes colectivos

Para conseguir el triunfo en los deportes de equipo, es necesario el buen funcionamiento de factores como el entendimiento entre compañeros, el diseño de una buena estrategia o la disposición de unas condiciones favorables al equipo, entre otros, además de las capacidades físicas y específicas. Así, la relación de la cafeína con los deportes colectivos ha sido estudiada empleando diferentes metodologías, pero manteniendo el mismo objetivo: determinar cómo se puede lograr un mejor rendimiento en estos deportes. Como ejemplo, un grupo de investigación³¹ diseñó un protocolo de simulación de un partido de rugby de 2 mitades de 40 minutos, en el que los participantes tenían que completar una serie de circuitos que incluían actividades de *sprint*, tanto rectos como laterales y combinando agilidad, placajes, pases y períodos de descanso en pie y andando. Los sujetos, 9 jugadores de rugby pertenecientes a equipos de Primera División, tomaron una cápsula con 6 mg/kg de cafeína 70 minutos antes del ejercicio, y tras su ingesta experimentaron mejoras en la velocidad de *sprint*, en la potencia de los placajes y en la precisión de los pases, así como una reducción de la fatiga percibida. De esta manera, la cafeína parece producir mejoras sustanciales en varios aspectos del rendimiento en deportes de equipo. A continuación, veremos que más ha publicado la literatura científica acerca del tema.

Voleibol

Dos estudios plantearon un protocolo que consistió en una serie de tests específicos de voleibol seguidos por un partido simulado del mismo deporte^{32,33}. Ambas investigaciones administraron 3 mg/kg de cafeína a través de una bebida energética 1 hora antes de las pruebas. Tanto en el estudio de Del Coso *et al*³², donde emplearon a 15 jugadores masculinos de voleibol bien entrenados, como en el de Pérez-López *et al*³³, en el que participaron 13 jugadoras de élite de voleibol, se pudieron observar mejoras experimentadas por los sujetos en la velocidad de la pelota en el saque, la altura en los saltos y la agilidad dentro de los tests, mientras que un mayor porcentaje de acciones exitosas durante el partido tras la ingesta de cafeína en comparación con el placebo. De esta forma, se demuestra que el suplemento de cafeína (3 mg/kg en bebida energética) es una efectiva ayuda ergogénica en jugadores masculinos y femeninos de voleibol ya que mejora el rendimiento físico y la precisión.

Fútbol

El estudio más reciente realizado sobre jugadores de fútbol profesionales³⁴, señala que la administración de 6 mg/kg de cafeína mediante cápsulas 65 minutos antes del ejercicio no parece tener ningún efecto ergogénico sobre el perfil de actividad durante un partido de fútbol. 22 jugadores, en edad junior, fueron evaluados durante un partido de fútbol tras la ingesta de cafeína o placebo; los resultados no mostraron diferencias significativas en la distancia total recorrida, en el número de aceleraciones ni en intensidad o distancia de los *sprints* entre la cafeína y el placebo. Sin embargo, como sabemos, los patrones de actividad en fútbol son muy variables y dependen de numerosos factores, como por

ejemplo la posesión del balón; los equipos con mejor técnica tienden a realizar un tipo de juego basado en una mayor posesión del balón sin realizar un gran despliegue físico. Durante este estudio no se evaluaron los parámetros técnicos, pudiendo ser estos una explicación para la ausencia de rendimiento durante el partido. Por otra parte, un estudio de Del Coso *et al*¹⁰ realizado también sobre jugadores de fútbol semi profesionales, encontró mejoras en la capacidad de salto y en la velocidad de *sprints* medidos antes de un partido de fútbol tras una ingesta de cafeína y, durante el partido, la distancia total recorrida fue mayor a una velocidad más elevada en jugadores que habían consumido cafeína. A los participantes se les administró una bebida energética con 3 mg/kg de cafeína 60 minutos antes de realizar una prueba consistente en un test de salto máximo y un test de *sprints* repetidos de 30 metros seguidos por un partido de fútbol reglamentario. Así, los resultados de este trabajo contradicen a los de Pettersen *et al*³⁴, sugiriendo que una dosis de 3 mg/kg de cafeína es suficiente para incrementar la capacidad de *sprints* y la distancia cubierta a alta intensidad durante un partido de fútbol. Además, el aumento en la capacidad de salto puede favorecer el juego aéreo de los futbolistas.

Otros dos estudios^{35,36} evaluaron a futbolistas entrenados durante simulaciones de partidos de fútbol de 90 minutos, en las que los participantes combinaban series de carreras intermitentes con tests de saltos y tests de precisión en el pase. En el trabajo de Gant *et al*³⁵, se le administró a los jugadores 3,7 mg/kg de cafeína en una bebida concentrada de carbohidratos 60 minutos antes de la simulación y cada 15 minutos durante la actividad, mientras que en el de Foskett *et al*³⁶, los futbolistas consumieron cápsulas con 6 mg/kg de cafeína 60 minutos antes del protocolo. En ambos estudios, los participantes mejoraron significativamente la capacidad de salto con la ingesta de cafeína en comparación con el placebo, mientras que la precisión de los pases sólo se mejoró con la ingesta de cafeína en el estudio de Foskett *et al*³⁶, y la velocidad media de carrera incrementó con la cafeína en el trabajo de Gant *et al*³⁵. A modo general, podemos decir que la cafeína es un suplemento ergogénico eficaz en el fútbol; sólo hay que tener en cuenta la dosis, la forma y el momento de administrar cafeína para conseguir las mejoras deseadas en los distintos parámetros de rendimiento, según hemos comprobado con los trabajos realizados en la materia.

Rugby

Varios estudios han investigado acerca de los efectos ergogénicos de la cafeína en el rugby. Uno de ellos³⁷, evaluó las respuestas de las jugadoras del equipo nacional femenino de rugby 7 a una bebida energética con 3 mg/kg de cafeína. Las jugadoras tomaron la bebida 1 hora antes del comienzo de una competición compuesta por 3 partidos de la modalidad rugby 7 de 14 minutos de duración y 15 minutos de descanso entre cada partido. A la finalización de los partidos, las jugadoras realizaron un test de saltos de 15 segundos en una plataforma de fuerza. La bebida energética con cafeína incrementó la potencia producida en los músculos de las piernas durante el test de saltos, así como el ritmo y la velocidad de carrera durante los partidos. Otros dos estudios^{38,39} diseñaron protocolos de simulación de rugby con jugadores de rugby universitarios entrenados, en los que se medían habilidades específicas del deporte como el pase, la coordinación y los *sprints*. Ambos estudios administraron una solución con cafeína 60 minutos antes de

las pruebas, siendo la dosis en un trabajo de 6 mg/kg³⁸, y en otro de 4 mg/kg³⁹. Los resultados fueron similares con las dos dosis administradas: la cafeína incrementó la velocidad de los *sprints* durante el principio del protocolo y mantuvo la velocidad al final de la prueba, mejoró la coordinación y mostró una tendencia a mejorar la precisión del pase respecto al placebo. Estos hallazgos dejan una valiosa muestra de los efectos ergogénicos que la cafeína ejerce sobre el rendimiento en rugby.

Hockey

En la disciplina del hockey, la investigación de Duncan *et al*⁴⁰ realizada en 13 jugadores de hockey hierba competitivos, concluyó que una administración de 5 mg/kg de cafeína 60 minutos antes del ejercicio es eficaz en la compensación de los atributos disminuidos en el rendimiento de hockey inducidos por la fatiga. El estudio, programó un protocolo que causara fatiga en los participantes antes de realizar una serie de tests de habilidades específicas de hockey (*slalom* y manejo de la bola). Los resultados mostraron un aumento significativo en las puntuaciones de los tests tras la ingesta de cafeína en comparación al placebo. Por lo que el uso de un suplemento de cafeína en este deporte,

puede ser de utilidad para aumentar el rendimiento en jugadores de hockey cuando aparezca la fatiga.

Como hemos visto, la cafeína ha demostrado ser una ayuda ergogénica eficaz en la mayoría de situaciones deportivas. Desde dosis pequeñas hasta dosis moderadas administradas en diferentes formas (chicles, cápsulas, bebidas energéticas o geles isotónicos) han contribuido a mejorar capacidades técnicas, físicas y cognitivas del rendimiento de los deportistas. Sin embargo, no se pueden obviar los estudios que no han mostrado ningún efecto ergogénico de la cafeína en el deporte: de ellos se recomienda extraer las conclusiones que nos ayuden a comprender mejor el comportamiento de la sustancia, es decir, entender que la ingesta de cafeína no conlleva una mejora automática en quien la toma, y que el efecto va a depender de una serie de factores que propiciarán que sea óptimo o nulo para el rendimiento.

Bibliografía

Toda la bibliografía figura al final de la segunda parte de la Revisión.