

La cafeína y su efecto ergogénico en el deporte (segunda 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 (second 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

Efecto ergogénico de la cafeína sobre el ejercicio anaeróbico

Ejercicios de alta intensidad y corta duración

Una investigación realizada en ciclistas de competición⁴¹, evaluó el rendimiento de estos en una prueba contrarreloj de 1 km en cicloergómetro. Los sujetos tomaron una pastilla de 5 mg/kg de cafeína o placebo disuelta en una solución acuosa 75 minutos antes del test. Los resultados mostraron como la ingesta de cafeína disminuyó el tiempo de la prueba, aumentando la velocidad media, potencia media y pico máximo de potencia respecto al placebo. La cafeína en forma de pastilla, administrada sobre sujetos entrenados y habituados al protocolo del ejercicio, mejora el rendimiento en el ejercicio de alta intensidad y corta duración.

En relación a la capacidad de *sprint*, encontramos un trabajo de Graham-Paulson *et al*⁴², en el que 12 deportistas en silla de ruedas entrenados se enfrentaron a una prueba consistente en 4 series de 4 minutos realizando flexiones seguido de 3 series de 3 *sprints* de 20 metros, con 4 minutos de descanso entre series. En otro estudio de Kopeck *et al*⁴³, 11 atletas realizaron 6 *sprints* de 20 metros al principio, a la mitad y al final de un circuito simulado de deporte de equipo de 60 minutos de duración. Los deportistas en silla de ruedas consumieron 4 mg/kg de cafeína 70 minutos antes de la prueba y experimentaron una mejora en el rendimiento de *sprints* de 20 metros y en los ejercicios de flexiones con respecto al placebo. Mientras que los atletas tomaron cápsulas de cafeína con 6 mg/kg 60 minutos antes del ejercicio y mejoraron la capacidad de *sprint* cuando estaban frescos y cuando estaban cansados.

Otro estudio⁴⁴, midió la capacidad de *sprint* en ciclistas entrenados mediante un ejercicio en cicloergómetro de 4 series de 5 minutos realizando 5 *sprints* máximos de 30 segundos combinados con 5 períodos de recuperación activa de 30 segundos. Los ciclistas masticaron un chicle con 240 mg de cafeína durante 5 minutos a la finalización de la segunda serie. La cafeína redujo la fatiga durante las series de *sprints*, lo que puede llevar a mejoras en el rendimiento de alta intensidad en ciclistas. De esta forma, tal y como respaldan los estudios más actuales, la cafeína posee un efecto ergogénico sobre el rendimiento en ejercicios de alta intensidad y corta duración.

Ejercicios basados en la fuerza y la potencia

La mayoría de estudios incluidos en esta revisión que investigan el efecto ergogénico en ejercicios de fuerza y potencia, emplean una metodología muy similar. Un ejemplo, son 3 trabajos que utilizan a deportistas entrenados y habituados al entrenamiento con resistencias, y les administran 6 mg/kg de cafeína contenidos en cápsulas 60 minutos antes de la sesión a evaluar. En el primer estudio⁴⁵, los sujetos realizaron un test máximo de prensa de piernas, mientras que en el segundo⁴⁶ los participantes ejecutaron un test de prensa de piernas y otro de *curl* de brazos con una carga de 12 RM (Repetición Máxima) para conseguir el mayor número de repeticiones hasta el fallo. En ambas investigaciones, la cafeína mejoró la contracción máxima voluntaria isométrica de los extensores de rodilla⁴⁵ y aumentó el número total de repeticiones en prensa de piernas y *curl* de brazos⁴⁶, propiciando una base de mejora en el rendimiento de ejercicios con resistencia. Sin embargo, el tercer estudio⁸ en el que los atletas realizaron 4 series de tantas repeticiones

como fueran posibles de *press* de banca y *press* de hombros al 70% de 1RM, y prensa de piernas y remo con barra al 80% de 1RM, la cafeína no produjo ningún efecto ergogénico sobre el rendimiento. El estudio sugiere que todos los participantes eran consumidores habituales de cafeína, lo que pudo alterar la respuesta a la cafeína. No obstante, el número de repeticiones fue mayor en la prensa de piernas tras la ingesta de cafeína, aunque la magnitud de esta mejora fue pequeña, además de no observarse diferencia significativa en los ejercicios para la parte superior del cuerpo. De esta manera, dos estudios evidencian la mejora del rendimiento de fuerza y potencia con una ingesta de cafeína de 6 mg/kg 1 hora antes del ejercicio mientras que otro estudio demuestra la ausencia de efecto ergogénico en las mismas condiciones. La habituación de los sujetos del estudio de Astorino *et al*⁸ a la cafeína podría ser una posible explicación a la carencia de efectos beneficiosos, pero los sujetos del estudio de Hudson *et al*⁴⁶ también eran consumidores habituales de cafeína (consumo diario de 100-400 mg) y experimentaron mejoras en su rendimiento. Igualmente, los participantes en el estudio de Chen *et al*⁴⁵ no eran consumidores habituales de cafeína (consumo semanal por debajo de 200 mg) y se beneficiaron del efecto de la sustancia en su prueba anaeróbica. Con estos datos, se hace difícil averiguar el porqué de los resultados en uno y otro estudio, ya que con condiciones realmente muy similares se han obtenido diversos resultados. Quizá la solución esté en la respuesta fisiológica y metabólica individual a la cafeína, en todo caso, es necesario un mayor hincapié y estudio sobre los parámetros fisiológicos y metabólicos, que estos estudios han pasado por alto, y pueden ser la explicación a los resultados obtenidos.

En la misma línea de los estudios anteriores, encontramos 3 trabajos que administran a atletas bien entrenados y con experiencia en entrenamientos de fuerza 5 mg/kg de cafeína diluida en solución acuosa 1 hora antes del ejercicio^{6,7,47}. Los estudios midieron el número de repeticiones hasta el fallo en *press* de banca, prensa de piernas, levantamiento de peso muerto y remo horizontal. En los tres estudios, los sujetos aumentaron el número de repeticiones en los diferentes ejercicios tras la ingesta de cafeína y experimentaron una disminución significativa del índice de esfuerzo percibido y dolor muscular percibido; además, en el estudio de Da Silva *et al*⁶, los participantes mostraron una mayor disposición de esfuerzo mental. A la vista de estos resultados, podemos concluir que la ingesta de 5 mg/kg de cafeína 1 hora antes del ejercicio puede mejorar el rendimiento de fuerza en atletas entrenados, posiblemente debido a una mayor disposición a realizar esfuerzo mental y a la disminución del dolor muscular y esfuerzo percibido.

Dos estudios más, realizaron investigaciones en el rendimiento de fuerza y potencia con resultados beneficiosos tras la ingesta de cafeína. En el trabajo de Woolf *et al*⁹, 18 hombres altamente entrenados ingirieron un batido multi ingrediente con 5 mg/kg de cafeína 1 hora antes del ejercicio. Durante la sesión, los sujetos realizaron un test de prensa de piernas y otro de *press* de banca, en el que se medían las repeticiones y el peso total, seguidos por el test anaeróbico de Wingate de 30 segundos en cicloergómetro, en el que se mide la potencia generada. La ingesta de cafeína aumentó significativamente el peso total levantado en el *press* de banca y la potencia máxima producida durante el test de Wingate en comparación con el placebo, mientras que no produjo diferencias en el test de prensa de piernas respecto al

placebo. El estudio de Glaister *et al*⁴⁸, empleó un protocolo en cicloergómetro consistente en series de *sprints* máximos de 6 segundos que los sujetos realizaban 1 hora después de haber tomado una cápsula con 5 mg/kg de cafeína. El suplemento de cafeína generó un valor más alto en la potencia máxima anaeróbica producida en comparación con el placebo. Estos estudios demuestran como dosis de 5 mg/kg de cafeína pueden aumentar la potencia y la fuerza muscular de la parte superior del cuerpo en deportistas entrenados.

Tras este recorrido por los trabajos de los últimos años, podemos decir que la utilización de un suplemento de cafeína en deportistas entrenados y habituados al ejercicio anaeróbico puede ser eficaz para conseguir una mejora en su rendimiento. Sin embargo, hemos comprobado que, cuando no se controlan determinados parámetros como la habituación a la cafeína o las respuestas individuales a la sustancia, puede que el efecto deseado no llegue a ser alcanzado. No obstante, estos estudios muestran unos hallazgos muy importantes dentro de la materia, ya que a partir de ahora, las investigaciones podrán desarrollar protocolos teniendo en cuenta las indicaciones necesarias para incluir la cafeína como elemento importante en el rendimiento anaeróbico.

Metodología de los estudios sobre cafeína y deporte

Dosis de cafeína

Hemos podido observar una amplia variedad de dosis administradas; desde pequeñas cantidades hasta más moderadas, entre 1'5 mg/kg y 6 mg/kg, y dosis absolutas clasificadas entre 80 mg y 300 mg. Dosis pequeñas han mostrado ser suficientes para producir mejoras significativas en el rendimiento, como el estudio de Lane *et al*⁴⁹, en el que una dosis de 3 mg/kg mejoró la potencia en ciclistas y triatletas de competición durante un entrenamiento interválico de alta intensidad. Las dosis absolutas son menos utilizadas debido al hecho de que cada individuo posee un peso corporal diferente, lo que hace que la relación cafeína-sujeto varíe; sin embargo, si se utilizan dosis cuya cantidad ronde lo estándar podemos conseguir efectos similares entre los participantes, como el trabajo realizado por Beck *et al*⁵⁰, en el que 37 deportistas entrenados mejoraron la fuerza de la parte superior del cuerpo con un suplemento de cafeína de 200 mg.

El estudio más significativo fue realizado con atletas entrenados⁵¹, utilizando 3 dosis diferentes, 3, 6 y 9 mg/kg, para evaluar los efectos sobre dos tests neuromusculares de *press* de banca y *full squat* con cargas incrementales (25%, 50%, 75% y 90% de 1RM) seguidos de un test de carga inercial en cicloergómetro. Los resultados revelaron que la velocidad media de propulsión en cargas ligeras (25% y 50% de 1RM) aumentó significativamente en todas las dosis de cafeína respecto al placebo. Para la carga media (75%), la dosis de 3 mg/kg no mejoró la potencia ni la velocidad muscular en *press* de banca ni *full squat*. La dosis de 9 mg/kg mejoró la velocidad en el *press* de banca y la potencia en el *full squat* con la carga más pesada (90%). No hubo diferencias significativas entre el placebo y las dosis de 3 y 6 mg/kg en el test del cicloergómetro, mientras que la dosis de 9 mg/kg mejoró la potencia máxima generada en el mismo. La dosis de 9 mg/kg incrementó drásticamente la frecuencia de los efectos secundarios adversos. De esta forma, podemos concluir que la dosis de cafeína requerida para que se genere una mejora del rendimiento neuromuscular depende de la

magnitud de la carga empleada. Una dosis de 3 mg/kg de cafeína es suficiente para mejorar las acciones musculares de alta velocidad con cargas bajas, mientras que una dosis mayor (9 mg/kg) es necesaria para cargas altas, a pesar de la aparición de efectos secundarios adversos.

Momento de la administración de la cafeína

Según Ryan *et al*⁵², la absorción completa de la cafeína por parte del organismo se consigue aproximadamente a la hora de haberla ingerido, aunque puede variar en función de la dosis administrada y de la vía y forma de consumo. Tras la ingesta oral de cafeína, la concentración de la sustancia en el plasma incrementa de manera proporcional a la dosis y los niveles máximos en el plasma se observan desde 15 hasta 120 minutos después. De esta forma, los investigadores han administrado de manera habitual en sus estudios las dosis de cafeína (en cápsulas o bebidas) 1 hora antes del ejercicio para asegurar concentraciones máximas en el plasma durante la actividad⁵².

No obstante, se pueden encontrar muchos trabajos que han investigado el efecto de la cafeína aplicándola más de una hora antes, menos de una hora antes e incluso durante el ejercicio. Un trabajo realizado por Marriott *et al*⁵³, administró una cápsula con 6 mg/kg de cafeína 70 minutos antes de un ejercicio intermitente de alta intensidad, provocando mejoras en el rendimiento de los participantes. En otro estudio llevado a cabo con ciclistas de competición, se aplicó el consumo de cafeína 20 minutos antes de la realización de una prueba contrarreloj de 40 km en cicloergómetro y se pudieron observar efectos beneficiosos sobre el rendimiento tras la ingesta del suplemento⁵⁴. En un estudio reciente⁵⁵, se administró un chicle de cafeína a ciclistas en el kilómetro 10 de una prueba de 30 km que incluía un *sprint* máximo de 200 metros cada 10 km. Los participantes tuvieron que masticar el chicle durante 5 minutos y luego deshacerse de él. Los resultados mostraron una mejora en la potencia del *sprint* de los últimos 10 km, concluyendo que el efecto ergogénico del chicle de cafeína aparece a los 20 minutos de su consumo.

Por otra parte, Cooper *et al*⁵⁶ diseñaron un experimento con deportistas entrenados en el que realizaban un test de *sprints* intermitentes dividido en 4 bloques. Los sujetos tomaron un gel de carbohidratos y con cafeína 60 minutos antes del ejercicio, justo antes del comienzo y al final del segundo bloque, y los resultados mostraron como el gel administrado fue eficaz en la reducción de la fatiga y de la percepción del esfuerzo contribuyendo al mantenimiento de niveles altos de glucosa en la etapa final del ejercicio. Skinner *et al*⁵⁷ realizaron un trabajo muy interesante en el que midieron el rendimiento en una prueba en cicloergómetro contrarreloj de 40 km tras el consumo de una cápsula de cafeína 1 hora antes del ejercicio comparado con el comienzo del ejercicio cuando el nivel de cafeína en suero sanguíneo fuera máximo, que resultó entre 120 y 150 minutos aproximadamente tras la ingesta de cafeína. En contraste a la coincidencia de la máxima concentración de cafeína en suero con el comienzo del ejercicio, la cafeína consumida una hora antes de la actividad mejoró significativamente el rendimiento de la prueba contrarreloj de 40 km, ya que no se encontró efecto ergogénico alguno cuando se inició el ejercicio con la máxima concentración de cafeína en sangre.

Uno de los estudios más significativos relacionado con este tema, fue el llevado a cabo por Ryan *et al*⁵², en el que se administró un chicle

con 3 mg/kg de cafeína 120, 60 o 5 minutos antes de una prueba ciclista de una hora de duración aproximadamente. El suplemento en forma de chicle con cafeína mejoró el rendimiento de los ciclistas cuando se administró inmediatamente antes del ejercicio (5 minutos antes), en cambio, no se apreciaron efectos beneficiosos sobre el rendimiento cuando el chicle era consumido 1 o 2 horas antes del ejercicio.

Así, hemos podido comprobar que en función de la dosis y de la forma administrada, el efecto ergogénico de la cafeína puede verse reflejado en el rendimiento independientemente del momento de aplicación de la sustancia.

Formas de administración de la cafeína

Existen múltiples formas de administrar la cafeína, no obstante, la forma más común de consumo de cafeína es mediante el café. Un estudio⁵⁸ comparó los efectos de la cafeína administrada mediante café con la cafeína anhidra diluida en agua en una dosis de 5 mg/kg. Los resultados mostraron como ambos, cafeína anhidra y café, consumidos una hora antes del ejercicio podía mejorar el rendimiento en ciclistas entrenados durante actividades ciclistas de componente aeróbico.

Debido a la ganancia de adeptos por las bebidas energéticas, los trabajos en laboratorios han empezado a usar cada vez con mayor asiduidad las bebidas energéticas para evaluar los efectos de la cafeína sobre el rendimiento deportivo. Un estudio muy reciente⁵⁹, comparó el efecto ergogénico de la cafeína en ciclistas entrenados a través de una bebida energética (Red Bull) y mediante cápsulas que contenían 3 mg/kg de cafeína. Los resultados mostraron que la cafeína consumida tanto a través de una bebida energética como mediante cápsula mejora el rendimiento en pruebas ciclistas de resistencia.

Con los resultados observados durante la revisión, parece ser que la forma de administración de la cafeína puede influir en la rapidez de absorción de la sustancia por parte del organismo, pero, independientemente de la forma, mantiene el mismo efecto sobre el rendimiento cuando la dosis es la misma.

Últimas tendencias de investigación sobre cafeína y deporte

Administración de cafeína en formas alternativas

Cada vez son más estudios los que se suman a la investigación del efecto ergogénico de la cafeína a través de formas alternativas; es el caso de los trabajos de Paton *et al*⁶⁵ y de Scott *et al*¹¹, que emplearon chicles de cafeína y geles isotónicos de carbohidratos con cafeína añadida respectivamente, para demostrar la efectividad de la cafeína en la mejora del rendimiento. Otro estudio⁶⁰ usó una solución de carbohidratos y electrolitos con 5,3 mg/kg de cafeína añadida para medir el efecto ergogénico sobre la resistencia en ciclistas entrenados; los resultados revelaron como la solución con cafeína añadida era efectiva a la hora de proporcionar energía durante el ejercicio prolongado, mejorando el rendimiento y atenuando la fatiga muscular en los ciclistas.

Dos trabajos novedosos en este campo fueron los de Doering *et al*⁶¹, en el que administraron 8 exposiciones de enjuague bucal con 35 mg de cafeína durante una prueba ciclista de 60 minutos, y el de Schubert *et al*⁶², en el cual los participantes tomaron un "chupito" de 59 mililitros de 2 bebidas energéticas diferentes con cafeína añadida antes de una prueba

de 5 km en una cinta de correr. Sin embargo, en ninguno de los estudios se observaron efectos ergogénicos de la cafeína sobre el rendimiento en las pruebas ni diferencias en variables fisiológicas o perceptivas en comparación con el placebo; una ausencia de beneficios que se asoció a las dosis tan bajas de cafeína empleadas. No obstante, la realidad en las investigaciones actuales es que se tiende a usar formas diferentes de cafeína a las tradicionales, como café o cápsulas, con las cuáles se están obteniendo buenos resultados, como las bebidas energéticas, chicles, geles o soluciones de carbohidratos y electrolitos^{11,55,59,60}.

Efecto de la cafeína sobre el rendimiento en condiciones ambientales adversas

El ejercicio en un ambiente caluroso es menos tolerado que el ejercicio en un ambiente fresco, y varios estudios han investigado si la cafeína puede contrarrestar la fatiga del ejercicio inducida por el calor⁶³. Un estudio reportó que una dosis de 6 mg/kg de cafeína no aportaba ningún efecto ergogénico sobre el rendimiento aeróbico en ambiente caluroso⁶⁴, mientras que 3 estudios sugirieron que dosis de 3 y 6 mg/kg de cafeína resultaban eficaces a la hora de aportar beneficios en ejercicios de resistencia cuando la temperatura es elevada, entre 33°C y 36°C^{63,65,66}.

Teniendo en cuenta que los sujetos del estudio de Roelands *et al*⁶⁴ experimentaron respuestas a la cafeína muy diferentes y que su temperatura interna aumentó significativamente durante el ejercicio tras el consumo de cafeína respecto al placebo, lo que pudo contrarrestar los efectos ergogénicos de la sustancia, podríamos decir que la cafeína, en dosis de 3 a 6 mg/kg, resulta un suplemento efectivo a la hora de compensar el rendimiento atenuado por el aumento de temperatura.

Efecto de la cafeína sobre el rendimiento en deportistas consumidores habituales contra consumidores no habituados a la sustancia

Varios estudios asocian el nivel de habituación a la cafeína por parte de los participantes a la ausencia de efectos beneficiosos en la actividad física; como el trabajo realizado por Desbrow *et al*⁶⁷, en el que las dosis bajas de cafeína no lograron mejorar el rendimiento en sujetos entrenados durante un ejercicio prolongado, posiblemente debido a la habituación de los atletas a la sustancia. Otros estudios atribuyeron el nivel bajo de consumo de cafeína por parte de los participantes a la ausencia de mejora en el rendimiento, ya que las reacciones adversas inducidas por la cafeína en los sujetos pudieron contrarrestar el efecto ergogénico de la sustancia^{68,69}.

Sin embargo, un estudio realizado sobre ciclistas y triatletas que eran consumidores habituales de cafeína, observó mejoras en el rendimiento con dosis bajas⁷⁰, mientras que otra investigación llevada a cabo en deportistas con diferente nivel de consumo de cafeína, observó solo mejoras en el rendimiento de fuerza en aquellos participantes menos habituados a la sustancia, quienes también sufrieron respuestas emocionales más intensas⁷¹.

De esta forma, se hace necesario un seguimiento más estricto del nivel de consumo de cafeína por parte de los participantes y la observación de su respuesta a la sustancia para futuras investigaciones. No obstante, la investigación de Gliottoni *et al*⁷² intentó aportar algo de claridad al tema, realizando un estudio con 24 deportistas universitarios divididos

en dos grupos: pequeños consumidores de cafeína, que ingerían una cantidad igual o menor a 100 mg al día, y grandes consumidores de cafeína, igual o más de 400 mg al día. Los resultados mostraron niveles similares de trabajo durante el ejercicio entre ambos grupos tras una ingesta de 5 mg/kg de cafeína, la cual provocó un efecto moderado de hipoalgesia durante la actividad de alta intensidad en ambos grupos. Por lo que, según el estudio de Gliotoni *et al*⁷², el nivel de habituación a la sustancia no influye sobre la magnitud del efecto ergogénico de la cafeína sobre el rendimiento físico.

Efecto de la cafeína sobre el tiempo de reacción

Dos estudios emplearon el test de agilidad reactiva para medir el tiempo de reacción tras una ingesta de cafeína en deportistas entrenados^{73,74}. Ambos estudios administraron a los participantes 6 mg/kg de cafeína mediante cápsulas 60 minutos antes de la prueba, con la diferencia de que el trabajo de Duvnjak-Zaknich *et al*⁷⁴ evaluó el test en condiciones de fatiga en los sujetos, mientras que el estudio de Jordan *et al*⁷³ lo hizo sin cansancio. En el test de agilidad reactiva, los participantes tienen que reaccionar lo más rápido posible ante un estímulo que indica un lado (izquierda o derecha) hacia el que deben dirigirse los sujetos realizando un *sprint* de 5 metros. Ambos estudios obtuvieron resultados que mejoraban el tiempo de reacción tras el consumo de cafeína en comparación con el placebo, por lo que se podría decir que la ingesta de cafeína resulta beneficiosa para el rendimiento en agilidad reactiva cuando los atletas se encuentran frescos y cansados.

Efecto de la cafeína sobre las dimensiones cognitivas y perceptivas del deportista

Muchos estudios han investigado la efectividad de la cafeína sobre la función cognitiva y la percepción del sujeto durante el rendimiento deportivo, dejando muestras del potencial de la cafeína en este campo. El estudio de Hogervorst *et al*⁷⁵, sugiere que una dosis baja de cafeína mejora el rendimiento cognitivo durante y después de un ejercicio vigoroso. Los sujetos, ciclistas entrenados, ingirieron una barrita energética de carbohidratos con 100 mg de cafeína añadida justo antes del comienzo y en los minutos 55 y 115 de un ejercicio en cicloergómetro de 3 horas al 60% del $\text{VO}_2\text{máx}$, seguidos por una prueba hasta la extenuación al 75% del $\text{VO}_2\text{máx}$. Se administraron test de funciones cognitivas, el test de Stroop y el test de procesamiento rápido de información visual, antes del inicio de la actividad, en los minutos 70 y 140 del protocolo, y a los 5 minutos de haber finalizado la prueba hasta la extenuación. En los resultados obtenidos, los participantes fueron significativamente más rápidos en completar los test de procesamiento de información compleja tras la ingesta de cafeína en comparación con el placebo, y lograron aguantar más tiempo en la prueba extenuante. De esta forma, la cafeína en forma de barrita energética puede mejorar tanto el rendimiento en resistencia como las capacidades cognitivas durante y después de un ejercicio prolongado, siendo estos hallazgos relevantes para el rendimiento en actividades o deportes en los que la concentración y la toma de decisiones juegue un papel destacado.

En la misma línea de investigación, el trabajo de Stevenson *et al*⁷⁶, mostró como el consumo de cafeína en golfistas experimentados además de mejorar su rendimiento durante una ronda de 18 hoyos, conseguía incrementar los niveles de alerta, al mismo tiempo que el

humor se volvía más positivo en comparación con el placebo. Estos resultados respaldan los efectos observados tras una ingesta moderada de cafeína, entre 5 y 6 mg/kg, en dos estudios que midieron el rendimiento en deportistas junto con su estado de ánimo^{77,78}. En ambos trabajos, los participantes vivieron una experiencia subjetiva más positiva durante el ejercicio mostrando un estado de ánimo más favorable en comparación a la ingesta del placebo. Estos efectos beneficiosos que produce la cafeína sobre las dimensiones afectivas durante el ejercicio, pueden llegar a ser muy interesantes tanto para la investigación como para los propios deportistas, ya que estas desempeñan un rol importante en las tareas de persistencia y esfuerzo, influyendo de manera directa sobre el rendimiento en entrenamientos y competiciones.

Efectos secundarios derivados del consumo de cafeína

Los efectos derivados de la ingesta de cafeína han sido reportados en multitud de estudios, ya que es algo que va implícito junto al consumo de la sustancia. Latidos irregulares del corazón, aumento del estado de alerta, temblor de las manos, hiperactividad y nerviosismo se encuentran entre los efectos adversos más comunes experimentados por los deportistas cuando consumen cafeína. En ocasiones, cuando estos efectos aparecen, no impiden que el deportista mejore su rendimiento, como en el caso de los remeros del estudio de Carr *et al*⁷³ que mejoraron su tiempo en la prueba de 2.000 metros en el remoergómetro, o los participantes del estudio de Pallarés *et al*⁵¹ quienes con 9 mg/kg pudieron mejorar significativamente su rendimiento neuromuscular a pesar de la aparición de efectos secundarios adversos. Sin embargo, en otras ocasiones, los efectos secundarios influyen sobre el deportista imposibilitando la mejora de su rendimiento, como en el trabajo de Share *et al*⁷⁹ realizado con deportistas de élite de tiro al plato, que experimentaron síntomas como dolor de cabeza, ansiedad y temblores tras la ingesta de cafeína, los cuales afectaron especialmente a la precisión de los tiradores, lo que supone el indicador primario del rendimiento en esta disciplina.

Otro estudio, evaluó el efecto que producía la cafeína sobre la calidad del sueño en deportistas que consumían la sustancia como ayuda ergogénica en una actividad aeróbica desarrollada por la tarde⁸⁰. La cafeína mejoró el rendimiento físico en los participantes durante la tarde, pero provocó trastornos significativos en los índices del sueño por la noche: reducción de la eficiencia del sueño, dificultad para dormirse y disminución total de sueño. De esta forma, aunque la cafeína funcione como un suplemento eficaz en la mejora del rendimiento de resistencia, los atletas que la consuman en entrenamientos y/o competiciones a últimas horas de la tarde o por la noche, deberían tener en cuenta su efecto perjudicial sobre el sueño.

Novedades en investigación sobre cafeína y deporte

Efecto de la cafeína sobre el rendimiento en función del momento del día

Tres estudios han investigado el efecto de la cafeína ingerida por la mañana y por la tarde, con el objetivo de averiguar en qué momento del día es más efectivo un consumo de esta sustancia para conseguir el mayor beneficio en el rendimiento deportivo minimizando los efectos adversos. Partiendo de la base de que el ritmo circadiano

produce reducciones neuromusculares por la mañana, el trabajo de Mora-Rodríguez et al⁸¹ diseñó una serie de tests de fuerza y potencia muscular para atletas entrenados, que realizaron estas pruebas por la mañana (10:00 am), tras un ingesta de 3 mg/kg de cafeína o placebo, y por la tarde (6:00 pm) con ingestión de placebo solamente. La potencia y fuerza muscular generada en los tests fue significativamente mayor en las pruebas de por la tarde que en las de la mañana con consumo de placebo, mientras que la cafeína pudo generar mejoras en el rendimiento por la mañana respecto al placebo. De esta forma, un consumo de cafeína parece contrarrestar las reducciones neuromusculares que se producen debido al ritmo circadiano, mejorando la fuerza y potencia muscular en atletas entrenados por la mañana, elevando el rendimiento al nivel de por la tarde.

Las investigaciones de Mora-Rodríguez et al⁸² y Souissi et al⁸³, administraron cafeína (5 y 6 mg/kg) y placebo en sesiones de trabajo por la mañana y por la tarde. Los resultados mostraron que el nivel de cafeína en el plasma sanguíneo se incrementó de manera similar en los participantes tanto por la mañana como por la tarde, lo que provocó una mejora sustancial en el rendimiento. Los efectos negativos fueron más prevalentes tras la ingesta de cafeína por la tarde. Así, se puede recomendar el consumo de cafeína por la mañana para favorecer el rendimiento y minimizar los efectos adversos derivados.

Efecto de la cafeína sobre el rendimiento en ejercicio realizado en días consecutivos

Un trabajo muy reciente⁸⁴ evaluó el rendimiento en golfistas experimentados durante un torneo de golf disputado a lo largo de dos días, en el que los participantes ingirieron una dosis de 155 mg de cafeína antes del comienzo y a la mitad de la ronda. Los resultados mostraron como la cafeína incrementó las capacidades de los golfistas, reduciendo sustancialmente la fatiga durante el torneo. Además, dos estudios midieron la respuesta a la ingesta de cafeína en el rendimiento de pruebas físicas más exigentes, como el esquí⁸⁵ y la capacidad de *sprint*⁸⁶, en 2 días consecutivos. La cafeína mejoró la capacidad de *sprint* y la velocidad en la prueba de esquí de fondo (realizada en un simulador de laboratorio durante 10 minutos) en los 2 días de ejercicio, y se pudo observar un mayor daño muscular en el segundo día producido por el aumento del rendimiento en el primer día. De esta forma, la cafeína parece ser un suplemento útil para atletas que compitan en días consecutivos, ya que puede mejorar el rendimiento durante los dos días de pruebas físicas, contrarrestando el dolor muscular generado tras el primer día y reduciendo la fatiga.

Efecto de la cafeína sobre el período de recuperación y el dolor muscular de aparición tardía (DOMS)

Un estudio⁸⁷ midió los parámetros fisiológicos de luchadores en los descansos entre 4 series de lucha que simulaban una competición tras una ingesta de 5 mg/kg de cafeína. Unos niveles altos de lactato en sangre y de frecuencia cardíaca observados en los luchadores que habían consumido cafeína, sugieren que esta sustancia puede afectar negativamente a la recuperación entre esfuerzos máximos consecutivos. Por otra parte, en un trabajo de Hurley et al⁸⁸ llevado a cabo con deportistas entrenados, que realizaron series de ejercicios de fuerza muscular hasta el fallo, se registraron los niveles de dolor e intensidad del dolor a

la palpación antes del ejercicio y 24, 48, 72, 96 y 120 horas después de la actividad, administrando a los participantes 5 mg/kg de cafeína 1 hora antes del ejercicio. Los resultados mostraron como la ingesta de cafeína antes de un entrenamiento de fuerza máxima produce respuestas beneficiosas sobre la percepción del dolor y el rendimiento, ya que se observó una disminución significativa en los niveles de dolor a las 48 y 72 horas después del ejercicio con el consumo de cafeína respecto al placebo, y las repeticiones totales aumentaron también en comparación con la ingesta de placebo. Otro efecto beneficioso derivado del consumo de la cafeína en los días siguientes al ejercicio es la disminución del dolor muscular de aparición tardía (DOMS). Esta disminución de la percepción del dolor en los días siguientes a un entrenamiento extenuante puede resultar muy interesante, ya que permitiría a los sujetos incrementar el número de sesiones de entrenamiento dentro de un período de tiempo dado.

Efecto de la cafeína sobre el rendimiento en un estado de privación del sueño

Hemos visto como uno de los efectos secundarios adversos derivados del consumo de la cafeína por la tarde o noche es el perjuicio sobre la calidad del sueño. Pero, ¿podría la cafeína compensar las capacidades atenuadas por la falta de sueño?

Dos estudios evaluaron el rendimiento físico y cognitivo en un grupo de atletas a los que se les limitó las horas de sueño entre 2 y 4 horas^{89,90}. Los resultados se vieron afectados por la restricción del sueño en comparación a las horas del sueño normal; uno de los estudios⁸⁹, administró 80 mg de cafeína a los sujetos tras la privación del sueño sin obtener mejoras sobre el rendimiento, aunque si se tiene en cuenta la dosis tan baja empleada podríamos decir que un sueño adecuado es esencial para el mejor rendimiento deportivo y que una dosis de 80 mg no es un sustitutivo para la falta de sueño. Sin embargo, el estudio de esta área más reciente llevado a cabo⁹⁰, observó mejoras en el rendimiento de los participantes con una ingesta de 3mg/kg de cafeína tras la limitación del sueño, por lo que podríamos señalar que un consumo de cafeína es una estrategia eficaz para mantener el rendimiento físico y cognitivo después de una noche con restricción del sueño.

Conclusiones

Como conclusiones de esta revisión, podemos destacar que:

- A pesar de la gran variedad de protocolos y metodologías empleadas por los estudios que han investigado sobre el tema, hoy en día no se puede realizar una generalización acerca del efecto ergogénico de la cafeína en el rendimiento deportivo.
- La cafeína produce un claro efecto ergogénico sobre el ejercicio aeróbico y anaeróbico, siempre y cuando se controlen los factores que puedan limitar la respuesta de los individuos a la sustancia.
- Las últimas tendencias en investigación conducen a un consumo de la cafeína en formas alternativas tales como geles, chicles o bebidas energéticas, y han llevado al descubrimiento de que la cafeína es un suplemento efectivo a la hora de compensar el rendimiento atenuado por el aumento de temperatura.

- Los nuevos hallazgos muestran: el uso efectivo de la cafeína para atletas que compiten o entrenan en días consecutivos, la recomendación del consumo de cafeína por la mañana preferentemente al consumo por la tarde para conseguir el mayor beneficio en el rendimiento minimizando los efectos adversos derivados, y el empleo de la cafeína como una estrategia eficaz para mantener el rendimiento físico y cognitivo después de una noche con restricción del sueño.

Agradecimientos

Al Dr. José Naranjo Orellana por el apoyo y ayuda recibidos en la confección del presente trabajo.

Bibliografía

- Pesta DH, Angadi SS, Burtcher M, Roberts CK. The effects of caffeine, nicotine, ethanol, and tetrahydrocannabinol on exercise performance. *Nutr Metab.* 2013;10:71.
- Spriet L. Exercise and sport performance with low doses of caffeine. *Sports Med.* 2014;44:175-84.
- Tallis J, Duncan MJ, James RS. What can isolated skeletal muscle experiments tell us about the effects of caffeine on exercise performance? *Br J Pharmacol.* 2015;172(15):3703-13.
- Dean S, Braakhuis A, Paton C. The effects of EGCG on fat oxidation and endurance performance in male cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009;19(6):624-44.
- Hulston CJ, Jeukendrup AE. Substrate metabolism and exercise performance with caffeine and carbohydrate intake. *Med Sci Sport Exerc.* 2008;40(12):2096-104.
- Da Silva VL, Messias FR, Zanchi NE, Gerlinger-Romero F, Duncan MJ, Guimaraes-Ferreira L. Effects of acute caffeine ingestion on resistance training performance and peripheral responses during repeated sets to failure. *J Sport Med Phys Fit.* 2015;55(5):383-9.
- Duncan MJ, Stanley M, Parkhouse N, Cook K, Smith M. Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise. *Eur J Sport Sci.* 2013;13(4):392-9.
- Astorino TA, Martin BJ, Schachtsiek L, Wong K, Ng K. Minimal effect of acute caffeine ingestion on intense resistance training performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1752-8.
- Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008;18(4):412-29.
- Del Coso J, Muñoz-Fernández VE, Muñoz G, Fernández-Eliás VE, Ortega JF, Hamouti N, et al. Effects of a caffeine-containing energy drink on simulated soccer performance. *Plos One.* 2012;7(2) doi:10.1371/journal.pone.0031380.
- Scott AT, O'Leary T, Walker S, Owen R. Improvement of 2000-m rowing performance with caffeinated carbohydrate-gel ingestion. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015;10(4):464-8.
- McNaughton LR, Lovell RJ, Siegler J, Midgley AW, Moore L, Bentley DJ. The effects of caffeine ingestion on time trial cycling performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008;3(2):157-63.
- 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 Sport Exerc.* 2013;45(11):2175-83.
- Peker I, Gören Z, Çilloglu F, Karacabey K, Ozmerdivenli R, Saygin Ö. Effects of caffeine on exercise performance, lactate, FFA, triglycerides, prolactin, cortisol and amylase in maximal aerobic exercise. *Biotechnol Biochem.* 2005;19(2):168-74.
- Schneider KT, Bishop D, Dawson B, Hackett LP. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. *Med Sci Sport Exerc.* 2006;38(3):578-85.
- Bridge CA, Jones MA. The effect of caffeine ingestion on 8 km run performance in a field setting. *J Sport Sci.* 2006;24(4):433-9.
- O'Rourke MP, O'Brien BJ, Knez WL, Paton CD. Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners. *J Sci Med Sport.* 2008;11(2):231-3.
- Bellar DM, Kamimori G, Judge L, Barkley JE, Ryan EJ, Muller M, et al. Effects of low-dose caffeine supplementation on early morning performance in the standing shot put throw. *Eur J Sport Sci.* 2012;12(1):57-61.
- Vandenbogaerde TJ, Hopkins WG. Monitoring acute effects on athletic performance with mixed linear modeling. *Med Sci Sport Exerc.* 2010;42(7):1339-44.
- Bortolotti H, Altissimi LR, Vitor-Costa M, Cyrino ES. Performance during a 20-km cycling time-trial after caffeine ingestion. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11(1):2-15.
- Kilding AE, Overton C, Gleave J. Effects of caffeine, sodium bicarbonate, and their combined ingestion on high-intensity cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012;22(3):175-83.
- McNaughton LR, Lovell RJ, Siegler JC, Midgley AW, Sandstrom M, Bentley DJ. The effects of caffeine ingestion on time trial cycling performance. *J Sport Med Phys Fit.* 2008;48(3):320-5.
- Carr AJ, Gore CJ, Dawson B. Induced alkalosis and caffeine supplementation: Effects on 2,000-m rowing performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011;21(5):357-64.
- Skinner TL, Jenkins DG, Coombes JS, Taaffe DR, Leveritt MD. Dose response of caffeine on 2000-m rowing performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(3):571-6.
- Abian P, Del Coso J, Salinero JJ, Gallo-Salazar C, Areces F, Ruiz-Vicente D, et al. The ingestion of a caffeinated energy drink improves jump performance and activity patterns in elite badminton players. *J Sports Sci.* 2015;33(10):1042-50.
- Clarke ND, Duncan MJ. Effect of carbohydrate and caffeine ingestion on badminton performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015. doi: 10.1123/ijspp.2014-0426.
- Gallo-Salazar C, Areces F, Abian-Vicente J, Lara B, Salinero JJ, Gonzalez-Millan C, et al. Enhancing physical performance in elite junior tennis players with a caffeinated energy drink. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015;10(3):305-10.
- 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.
- Lopes-Silva JP, Felipe LJ, Silva-Cavalcante MD, Bertuzzi R, Lima-Silva AE. Caffeine ingestion after rapid weight loss in judo athletes reduces perceived effort and increases plasma lactate concentration without improving performance. *Nutrients.* 2014;6(7):2931-45.
- Bottoms L, Greenhalgh A, Gregory K. The effect of caffeine ingestion on skill maintenance and fatigue in epee fencers. *J Sports Sci.* 2013;31(10):1091-9.
- Stuart GR, Hopkins WG, Cook C, Cairns SP. Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(11):1998-2005.
- Del Coso J, Pérez-López A, Abian-Vicén J, Salinero JJ, Lara B, Valadés D. Enhancing physical performance in male volleyball players with a caffeine-containing energy drink. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(6):1013-8.
- Pérez-López A, Salinero JJ, Abian-Vicén J, Valades D, Lara B, Hernandez C, et al. Caffeinated energy drinks improve volleyball performance in elite female players. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;47(4):850-6.
- Petersen SA, Krstrup P, Bendixen M, Randers MB, Brito J, Bangsbo J, et al. Caffeine supplementation does not affect match activities and fatigue resistance during match play in young football players. *J Sports Sci.* 2014;32(20):1958-65.
- 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.
- Foskett A, Ali A, Gant N. Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009;19(4):410-23.
- Del Coso J, Portillo J, Muñoz G, Abián-Vicén J, Gonzalez-Millán C, Muñoz-Guerra J. Caffeine-containing energy drink improves sprint performance during an international rugby sevens competition. *Amino Acids.* 2013;44(6):1511-9.
- Assi HN, Bottoms L. The effects of caffeine on rugby passing accuracy while performing the reactive agility test. *Sci Sport.* 2014;29(5):275-81.
- Roberts SP, Stokes KA, Trewartha G, Doyle J, Hogben P, Thompson D. Effects of carbohydrate and caffeine ingestion on performance during a rugby union simulation protocol. *J Sports Sci.* 2010;28(8):833-42.
- Duncan MJ, Taylor S, Lyons M. The effect of caffeine ingestion on field hockey skill performance following physical fatigue. *Res Sports Med.* 2012;20(1):25-36.
- Wiles JD, Coleman D, Tegerdine M, Swaine IL. The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1 km cycling time-trial. *J Sports Sci.* 2006;24(11):1165-71.
- Graham-Paulson TS, Perret C, Watson P, Goosey-Tolfrey VL. Caffeine supplementation improves sprint performance in wheelchair sportsmen. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015.
- Kopec BJ, Dawson BT, Buck C, Wallman KE. Effects of sodium phosphate and caffeine ingestion on repeated-sprint ability in male athletes. *J Sci Med Sport.* 2015.
- Paton CD, Lowe T, Irvine A. Caffeinated chewing gum increases repeated sprint performance and augments increases in testosterone in competitive cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2012;110(6):1243-50.

45. Chen HY, Wang HS, Tung K, Chao HH. Effects of gender difference and caffeine supplementation on anaerobic muscle performance. *Int J Sports Med*. 2015;36(12):974-8.
46. Hudson GM, Green JM, Bishop PA, Richardson MT. Effects of caffeine and aspirin on light resistance training performance, perceived exertion, and pain perception. *J Strength Cond Res*. 2008;22(6):1950-7.
47. Duncan MJ, Oxford SW. Acute caffeine ingestion enhances performance and dampens muscle pain following resistance exercise to failure. *J Sport Med Phys Fit*. 2012;52(3):280-5.
48. Glaister M, Muniz-Pumares D, Patterson SD, Foley P, McInnes G. Caffeine supplementation and peak anaerobic power output. *Eur J Sport Sci*. 2015;15(5):400-6.
49. Lane SC, Areta JL, Bird SR, Coffey VG, Burke LM, Desbrow B, et al. Caffeine ingestion and cycling power output in a low or normal muscle glycogen state. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(8):1577-84.
50. Beck TW, Housh TJ, Schmidt RJ, Johnson GO, Housh DJ, Coburn JW, et al. The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *J Strength Cond Res*. 2006;20(3):506-10.
51. Pallarés JG, Fernández-Eliás VE, Ortega JF, Muñoz G, Muñoz-Guerra J, Mora-Rodríguez R. Neuromuscular responses to incremental caffeine doses: Performance and side effects. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(11):2184-92.
52. Ryan EJ, Kim CH, Fickes EJ, Williamson M, Muller MD, Barkley JE, et al. Caffeine gum and cycling performance: A timing study. *J Strength Cond Res*. 2013;27(1):259-64.
53. Marriot M, Krustup P, Mohr M. Ergogenic effects of caffeine and sodium bicarbonate supplementation on intermittent exercise performance preceded by intense arm cranking exercise. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015;12:13.
54. Foad AJ, Beedie CJ, Coleman DA. Pharmacological and psychological effects of caffeine ingestion in 40-km cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(1):158-65.
55. Paton C, Costa V, Guglielmo L. Effects of caffeine chewing gum on race performance and physiology in male and female cyclists. *J Sports Sci*. 2015;33(10):1076-83.
56. Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Larumbe-Zabala E. Effects of a carbohydrate and caffeine gel on intermittent sprint performance in recreationally trained males. *Eur J Sport Sci*. 2014;14(4):353-61.
57. Skinner TL, Jenkins DG, Taaffe DR, Leveritt MD, Coombes JS. Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance. *J Sci Med Sport*. 2013;16(1):54-9.
58. Hodgson AB, Randell RK, Jeukendrup AE. The metabolic and performance effects of caffeine compared to coffee during endurance exercise. *PLoS One*. 2013; 8(4) doi: 10.1371/journal.pone.0059561.
59. Quinlivan A, Irwin C, Grant GD, Anoopkumar-Dukie S, Skinner T, Leveritt M, et al. The effects of red bull(R) energy drink compared with caffeine on cycling time trial performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(7):897-901.
60. Cureton KJ, Warren GL, Millard-Stafford ML, Wingo JE, Trilk J, Buysck M. Caffeinated sports drink: Ergogenic effects and possible mechanisms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17(1):35-55.
61. Doering TM, Fell JW, Leveritt MD, Desbrow B, Shing CM. The effect of a caffeinated mouth-rinse on endurance cycling time-trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2014;24(1):90-7.
62. Schubert MM, Astorino TA, Azevedo JL. The effects of caffeinated "energy shots" on time trial performance. *Nutrients*. 2013;5(6):2062-75.
63. Ganio MS, Johnson EC, Klau JF, Anderson JM, Casa DJ, Maresch CM, et al. Effect of ambient temperature on caffeine ergogenicity during endurance exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(6):1135-46.
64. Roelands B, Buyse L, Pauwels F, Delbeke F, Deventer K, Meeusen R. No effect of caffeine on exercise performance in high ambient temperature. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(12):3089-95.
65. Pitchford NW, Fell JW, Leveritt MD, Desbrow B, Shing CM. Effect of caffeine on cycling time-trial performance in the heat. *J Sci Med Sport*. 2014;17(4):445-9.
66. Del Coso J, Estévez E, Mora-Rodríguez R. Caffeine effects on short-term performance during prolonged exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(4):744-51.
67. Desbrow B, Barrett CM, Minahan CL, Grant GD, Leveritt MD. Caffeine, cycling performance, and exogenous CHO oxidation: A dose-response study. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(9):1744-51.
68. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. Effect of caffeine as an ergogenic aid during anaerobic exercise performance in caffeine naive collegiate football players. *J Strength Cond Res*. 2009;23(5):1363-9.
69. Gwacham N, Wagner DR. Acute effects of a caffeine-taurine energy drink on repeated sprint performance of american college football players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012;22(2):109-16.
70. Irwin C, Desbrow B, Ellis A, O'Keeffe B, Grant G, Leveritt M. Caffeine withdrawal and high-intensity endurance cycling performance. *J Sports Sci*. 2011;29(5):509-15.
71. 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.
72. Gliottoni RC, Meyers JR, Arngrimsson SA, Broglio SP, Motl RW. Effect of caffeine on quadriceps muscle pain during acute cycling exercise in low versus high caffeine consumers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2009;19(2):150-61.
73. Jordan JB, Korgaokar A, Farley RS, Coons JM, Caputo JL. Caffeine supplementation and reactive agility in elite youth soccer players. *Pediatr Exerc Sci*. 2014;26(2):168-76.
74. Duvnjak-Zaknich DM, Dawson BT, Wallman KE, Henry G. Effect of caffeine on reactive agility time when fresh and fatigued. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(8):1523-30.
75. Hogervorst E, Bandelow S, Schmitt J, Jentjens R, Oliveira M, Allgrove J, et al. Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(10):1841-51.
76. Stevenson EJ, Hayes PR, Allison SJ. The effect of a carbohydrate-caffeine sports drink on simulated golf performance. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2009;34(4):681-8.
77. Backhouse SH, Biddle SJ, Bishop NC, Williams C. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. *Appetite*. 2011;57(1):247-52.
78. 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.
79. Share B, Sanders N, Kemp J. Caffeine and performance in clay target shooting. *J Sports Sci*. 2009;27(6):661-6.
80. Miller B, O'Connor H, Orr R, Ruell P, Cheng HL, Chow CM. Combined caffeine and carbohydrate ingestion: Effects on nocturnal sleep and exercise performance in athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(12):2529-37.
81. Mora-Rodríguez R, Garcia-Pallares J, Lopez-Samanes A, Ortega JF, Fernandez-Eliás VE. Caffeine ingestion reverses the circadian rhythm effects on neuromuscular performance in highly resistance-trained men. *PLoS One*. 2012;7(4) doi: 10.1371/journal.pone.0033807.
82. Mora-Rodríguez R, Pallarés JG, López-Gullón JM, López-Samanes Á, Fernández-Eliás VE, Ortega JF. Improvements on neuromuscular performance with caffeine ingestion depend on the time-of-day. *J Sci Med Sport*. 2015;18(3):338-42.
83. Souissi M, Abedelmalek S, Chtourou H, Boussita A, Hakim A, Sahnoun Z. Effects of time-of-day and caffeine ingestion on mood states, simple reaction time, and short-term maximal performance in elite judoists. *Biol Rhythm Res*. 2013;44(6):897-907.
84. Mumford PW, Tribby AC, Poole CN, Dalbo VJ, Scanlan AT, Moon JR, et al. Effect of caffeine on golf performance and fatigue during a competitive tournament. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(1):132-8.
85. Stadheim HK, Spencer M, Olsen R, Jensen J. Caffeine and performance over consecutive days of simulated competition. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(9):1787-96.
86. Pontifex KJ, Wallman KE, Dawson BT, Goodman C. Effects of caffeine on repeated sprint ability, reactive agility time, sleep and next day performance. *J Sport Med Phys Fit*. 2010;50(4):455-64.
87. Aedma M, Timpmann S, Oopik V. Effect of caffeine on upper-body anaerobic performance in wrestlers in simulated competition-day conditions. *International J Sport Nutr Exerc Metab*. 2013;23(6):601-9.
88. Hurley CF, Hatfield DL, Riebe DA. The effect of caffeine ingestion on delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res*. 2013;27(11):3101-9.
89. Reyner LA, Horne JA. Sleep restriction and serving accuracy in performance tennis players, and effects of caffeine. *Physiol Behav*. 2013;120:93-6.
90. Souissi M, Abedelmalek S, BouDhiba D, Theodoros-Nikolaidis P, Ben-Awicha H, Chtourou H, et al. Morning caffeine ingestion increases cognitive function and short-term maximal performance in footballer players after partial sleep deprivation. *Biol Rhythm Res*. 2015;46(5):617-29.