

Monograph

Efecto de Diferentes Dosis de Cafeína Sobre la Fuerza y la Resistencia Isométricas

Archna Sharma y Jaspal S Sandhu

Department of Sports Medicine and Physiotherapy, Guru Nanak Dev University, Amritsar, India.

RESUMEN

La cafeína posee efectos que aumentan el rendimiento y algunos de ellos han sido observados durante las contracciones isométricas submáximas. El propósito del estudio consistió en investigar el efecto de diferentes dosis de cafeína (0, 5, 9, y 13 mg.kg de peso corporal⁻¹) sobre variables neuromusculares, tales como la fuerza y resistencia isométricas. Treinta y un individuos saludables participaron en este estudio de mediciones repetidas doble ciego. Las cápsulas de cafeína fueron administradas al azar. Luego de una hora de haber ingerido la cápsula, los sujetos realizaron dos contracciones isométricas: una de 10 segundos de duración y la otra de 60 segundos. En el momento de la extensión se realizaron determinaciones de la fuerza máxima isométrica en un ángulo específico, de la fuerza media y del índice de fatiga de los cuádriceps. Se observó un aumento significativo ($p < 0,01$) con respecto al placebo en todas las variables anteriores con las tres dosis de cafeína. Solo se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la fuerza isométrica con la dosis más alta de cafeína (13 mg/ kg BW⁻¹). Se observó un aumento progresivo y significativo en la resistencia isométrica a medida que la dosis se incrementaba de 5 mg/ kg BW⁻¹ a 9 mg.kg BW⁻¹ y a 13 mg/kg BW⁻¹. En el intervalo de dosis investigado pudimos observar una relación dosis-respuesta entre la cafeína y el índice de fatiga. Concluimos que la cafeína es una ayuda ergogénica que estimula la fuerza y la resistencia isométricas. Los resultados sugieren que la resistencia isométrica aumentó luego de un consumo de cafeína de bajo a moderado, mientras que un aumento en la fuerza isométrica se observó luego de un consumo de cafeína elevado.

Palabras Clave: cafeína, dosis-respuesta, fuerza, índice de fatiga

INTRODUCCION

La cafeína (1, 3, 7-trimetilxantina) es un alcaloide vegetal que se encuentra en el café, té, chocolates y bebidas cola. Su estructura se asemeja a la de varios metabolitos endógenos; luego de ser absorbida, atraviesa la barrera hemato-encefálica y se distribuye a través del líquido intracelular (1). Estas propiedades permiten que la cafeína tenga efectos sobre diferentes tejidos del cuerpo, entre los que se incluye el sistema nervioso central (CNS), el sistema cardiovascular (CVS) y tanto los músculos lisos como los esqueléticos (1). La cafeína tiene el potencial de influir sobre el rendimiento neuromuscular en las personas, a través de su efecto sobre los eventos centrales y periféricos a lo largo de la vía motora.

La cafeína puede aumentar el impulso descendente de la corteza motora bloqueando los efectos inhibitorios de la adenosina (2) y así aumentar la capacidad del sujeto para excitar un conjunto de unidades motoras acercando a la neurona motora al umbral y facilitando la activación máxima. La cafeína también revierte las deficiencias centrales colinérgicas y de dopamina y reduce la percepción de esfuerzo y fatiga, aumentando así, la producción de trabajo (3). El 1 de enero de

2004, la cafeína fue retirada de la lista de sustancias prohibidas de la Agencia Anti-Doping Mundial (WADA) porque se afirmó que los efectos ergogénicos eran muy pequeños, y se observó que la inmensa mayoría de los atletas consumían cafeína.

Además no es posible distinguir entre el consumo social y el consumo cuyo objetivo es obtener un beneficio deportivo (4).

A pesar de la evidencia que indica que la cafeína puede afectar el rendimiento hay escasez de evidencia proveniente de investigaciones que hayan evaluado su efecto sobre la resistencia isométrica (5, 6, 7, 8). La cafeína puede iniciar y potenciar la contracción nerviosa y la tensión tetánica en la contracción muscular tanto *in vitro* como *in vivo* en numerosas condiciones experimentales y en diferentes especies (9).

Por ejemplo, Kalmer y Cafarelli (6) observaron que luego del consumo de cafeína (6 mg.kg^{-1}), la fatiga se retardaba significativamente en los cuádriceps que realizaban contracciones submáximas y Palskette y Cafarelli (11) demostraron que la cafeína (6 mg.kg^{-1}) producía un aumento significativo en la resistencia isométrica en los cuádriceps humanos. Otros estudios no registraron ningún efecto de la cafeína sobre la contracción máxima voluntaria y la resistencia muscular luego de la administración de esta sustancia (5, 7, 8). Por ejemplo, Lopes et al. (7) no observaron ningún efecto significativo de la cafeína (500 mg) sobre la contracción máxima voluntaria (MVC) del músculo abductor del pulgar (*pollicis aductor*).

Las diferencias en los resultados se deben, probablemente, a diferencias metodológicas, a la selección de los sujetos, a la dosis de cafeína, al modo de administrar la cafeína y a la sensibilidad de los individuos a una dosis aguda de cafeína. El propósito del estudio fue investigar si la cafeína ejerce un efecto ergogénico sobre la producción de fuerza máxima y resistencia del músculo cuádriceps humano. Los resultados contradictorios observados en estudios previos que utilizaban diferentes dosis, plantearon la necesidad de incorporar un intervalo más amplio de dosis de cafeína (5, 9 y 13 mg.kg de BW^{-1}) para investigar la relación dosis-respuesta. Además, el conjunto de dosis mencionado anteriormente también fue incorporado para evaluar cual es la menor dosis, a partir de la cual se observan los efectos ergogénicos. Nuestras hipótesis fueron las siguientes: luego de la ingestión de cafeína se observará un aumento tanto en la fuerza isométrica (hipótesis 1) como en la resistencia isométrica (hipótesis 2) es decir, se producirá una demora en la aparición de fatiga en el músculo cuádriceps humano, y mientras mayor sea la dosis de cafeína, mayor será la relación dosis-respuesta (hipótesis 3).

MÉTODOS

Sujetos

En este estudio participaron 31 estudiantes universitarios saludables (14 varones y 17 mujeres; peso promedio $63,0 \pm 2,9$ kg, edad promedio $24,6 \pm 1,43$ años, y talla promedio $166,80 \pm 9,84$ cm), que participaban en actividades deportivas específicas para la edad y que informaron tener una ingesta de cafeína de $200 \text{ mg.semana}^{-1}$ (valor establecido a través de una encuesta estandarizada).

También se consideró el hábito de consumo de cafeína previo, debido a que la ingesta aguda y la ingesta habitual de cafeína provocan un menor aumento en la epinefrina (11) y una disminución en la regulación en ascenso (*up regulation*) de los receptores de la adenosina (12), respectivamente.

Además estas respuestas se potencian luego de 4 días de abstinencia (11). El protocolo experimental y los riesgos potenciales del estudio fueron explicados verbalmente y por escrito a cada uno de los sujetos antes de que los mismos dieran su consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética Institucional (IEC).

Procedimientos

Protocolo Pre-experimental

Todos los sujetos concurren al laboratorio antes de comenzar el estudio, y realizaron una contracción isométrica máxima voluntaria, en un dinamómetro isotónico/isométrico HUR 5340 para realizar extensión/flexión de piernas controlado por computadora (Universidad de Helsinki, Finlandia), para determinar la fuerza máxima (PF), la fuerza media (AVF) y el índice de fatiga (FI) del músculo cuádriceps femoral de la pierna dominante. Para familiarizarse con el protocolo experimental, los sujetos realizaron una contracción isométrica de 10 segundos y luego una contracción de 60 segundos (con un período de descanso de 2 minutos entre las dos contracciones).

Instrucciones para los Sujetos

Se solicitó a los sujetos que evitaran realizar cualquier actividad enérgica durante 24 horas antes de la prueba. A todos los sujetos se les proporcionó una lista de comidas, medicamentos y bebidas que contenían cafeína y que deberían ser evitadas por lo menos durante los 5 días previos a la primera sesión experimental y a lo largo de su participación en el estudio. Antes de cada protocolo de evaluación se administró una dieta estandarizada pre-diseñada para mantener estable la concentración de glucógeno en las células musculares y hepáticas (para minimizar cualquier variación en los resultados como consecuencia de la ingesta dietética y para mantener un plan de dieta estandarizado para cada individuo)

Protocolo Experimental

El estudio se realizó siguiendo un diseño con mediciones repetidas *pre-* y *post-test*, con tratamientos experimentales (tres dosis de cafeína diferentes) y placebo administrados en orden aleatorio en 4 días separados por la misma cantidad de tiempo y el mismo día de la semana para cada individuo. La diferencia entre los tratamientos solo consistió en la cantidad de cafeína ingerida antes del ejercicio. El placebo (grupo P) contenía harina para todo uso y no contenía cafeína (0 mg.kg de peso corporal⁻¹), las dosis de cafeína estudiadas fueron 5, 9, y 13 mg.kg de peso corporal⁻¹, lo que representaba una dosis baja, media, y alta, respectivamente. Las cápsulas de cafeína estandarizadas fueron administradas mediante un procedimiento en doble ciego en el cual, un individuo que no tenía relación con el estudio colocó las cápsulas con una dosis adecuada en sobres con código, que fueron identificados con las iniciales de los sujetos y el día en que la dosis sería evaluada. En el estudio se utilizó cafeína de uso farmacéutico aceptada por la farmacopea americana (Sigma Aldrich, San Louis, Estados Unidos).

Se solicitó a los sujetos comer 2 h antes de la prueba.

Después de la ingestión de la cápsula los sujetos descansaron durante una hora (13-15). Luego de una entrada en calor de 5 minutos (estiramientos estáticos del cuádriceps y músculos isquiotibiales con 15 segundos de mantenimiento, 4 veces cada uno, seguido por ejercicios de pedaleo en bicicleta ergométrica sin carga durante 3 minutos) se midieron PF, AVF y FI en un ángulo fijo, óptimo para la articulación de la rodilla (60° de flexión de la rodilla; 0° significa rodilla completamente extendida). En éste ángulo, el músculo cuádriceps femoral realiza la fuerza máxima (16). El protocolo del test isométrico fue aplicado siguiendo el procedimiento estándar mencionado en el manual del usuario del *software* para investigación HUR (Versión 1,3).

Análisis Estadísticos

Determinaciones de la fuerza isométrica: En los cuádriceps, el torque (N.m) se determinó en 10 s de contracción isométrica en una flexión de la rodilla de 60°. Se normalizó con respecto a la fuerza (N) dividiendo el torque (N.m) por la longitud del brazo de palanca (m). De este modo se calcularon la fuerza máxima (PF) (mayor valor de fuerza en 10 segundos) y la fuerza media (AVF) en 10 segundos [fuerza promedio en los 4 cuartos (1 cuarto=2,5 s)].

Determinaciones de la resistencia isométrica: Después de un descanso de 2-minutos, como indicador de la resistencia isométrica se determinó el índice de fatiga (FI) en la misma posición, con los sujetos sentados y con la rodilla colocada en el mismo ángulo que en el ejercicio anterior. Para calcular la resistencia isométrica los sujetos realizaron una contracción isométrica de 60 segundos (17). Se registró el torque en el primer segundo (T_1) y a los 60 s (T_{60}). Tanto T_1 como T_{60} fueron normalizados para obtener la fuerza F_1 y F_{60} , respectivamente. El índice de fatiga diseñado por Milner y Brown et al. (17) fue calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Fatiga (\%)} = (F_1 - F_{60}) \cdot 100 \cdot F_1^{-1}$$

Para evitar que se produjera alguna distracción durante la determinación de la fuerza y de la resistencia, no se proporcionó a los sujetos ninguna señal visual o auditiva.

Análisis de los Datos

Los datos se presentan como valores medios \pm DS.

Los datos fueron analizados para determinar las diferencias estadísticas, mediante el *software* estadístico para ciencias sociales (SPSS 14,0). Las variables dependientes PF, AVF y FI fueron analizadas mediante un análisis de la varianza para mediciones repetidas de una vía (ANOVA), para establecer la diferencia en las respuestas entre pares de dosis de cafeína. Debido a que se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), para evaluar las diferencias entre los pares de dosis se aplicó el test de comparaciones múltiples de Bonferroni (*Test Post Hoc*). Para analizar la relación entre la dosis de cafeína y el aumento en las variables de rendimiento (fuerza y resistencia isométricas) luego del consumo de cafeína, se calculó el

coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS

Fuerza Isométrica

La fuerza máxima fue valorada mediante una contracción isométrica de 10 segundos del músculo cuádriceps femoral (*quadriceps femoris*) de la pierna dominante. El ANOVA de una vía mostró un aumento significativo en la fuerza máxima ($F=4,352$; $p<0,001$) con un aumento promedio del 40% en los tres grupos que recibieron las dosis de cafeína.

Cuando se realizó la comparación entre los grupos, sólo se encontraron diferencias significativas en la fuerza máxima en la prueba donde se consumió la dosis que contenía 13 mg.kg^{-1} de cafeína (incremento equivalente a 62,09 %) en comparación con el placebo, lo que indica que el placebo proporcionaría un cierto beneficio psicológico a los sujetos. Tal como se observa en la Tabla 1 y Figura 1, cuando se valoró la fuerza máxima, se observó un aumento no significativo en la fuerza máxima en los grupos que recibieron las dosis de 5 mg.kg^{-1} y 9 mg.kg^{-1} de cafeína respecto al grupo placebo. Se observó una relación lineal entre la cantidad de cafeína consumida y el aumento en la fuerza máxima luego de la ingestión de 5 mg.kg^{-1} ($r=0,45182$; $p=0,809$), 9 mg.kg^{-1} ($r=0,100539$; $p=0,590$) y 13 mg.kg^{-1} ($r=0,21929$; $p=0,236$) de cafeína.

Dosis de Cafeína	Media \pm DS	Valor p
Placebo (0 mg.kg BW^{-1})	$340,37 \pm 146,06$	NA
5 mg.kg BW^{-1}	$391,95 \pm 175,45$	1,00
9 mg.kg BW^{-1}	$465,50 \pm 76,62$	0,10
13 mg.kg BW^{-1}	$511,14 \pm 76,32$	0,013

Tabla 1. Fuerza isométrica máxima (N) observada en los grupos que consumieron las diferentes dosis de cafeína. BW=peso corporal.

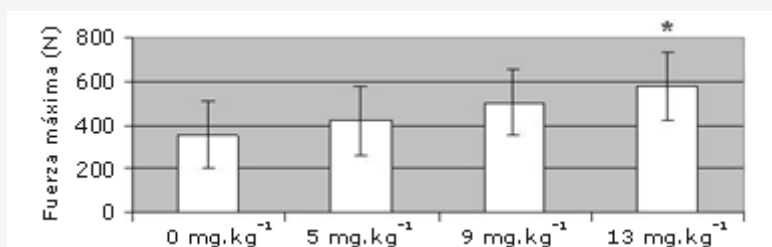


Figura 1. Efecto de las diferentes dosis de cafeína sobre la fuerza máxima (N). Los valores se expresan como media \pm DS. *Diferencias significativas con respecto al placebo; $p<0,05$. BW=peso corporal.

Resultados similares se observaron cuando se analizó la fuerza media (N) ($F=3,783$; $p=0,015$) con un aumento promedio de 42% en todos los grupos que recibieron las dosis de cafeína. Al realizar las comparaciones entre los grupos, sólo se observaron diferencias significativas con la dosis de 13 mg.kg^{-1} , con un incremento de 59%, en comparación con el placebo. En la Tabla 2 y Figura 2 se observa un aumento no significativo en la fuerza media luego del consumo las dosis de 5 mg.kg^{-1} y 9 mg.kg^{-1} de cafeína en comparación con el grupo que consumió el placebo. Se observó una relación lineal entre la cantidad de cafeína consumida y el aumento en la fuerza media luego del consumo de 5 mg.kg^{-1} ($r=0,10453$; $p=0,576$), 9 mg.kg^{-1} ($r=0,10893$; $p=0,560$), y 13 mg.kg^{-1} ($r=0,29974$; $p=0,101$) de cafeína.

Dosis de Cafeína	Media±DS	Valor p
Placebo (0 mg.kg BW ⁻¹)	300,38±126,96	NA
5 mg.kg BW ⁻¹	359,95±84,39	1,00
9 mg.kg BW ⁻¹	422,07±80,27	0,10
13 mg.kg BW ⁻¹	444,23±69,67	0,033

Tabla 2. Fuerza isométrica media (N) observada en los grupos que consumieron las diferentes dosis de cafeína.

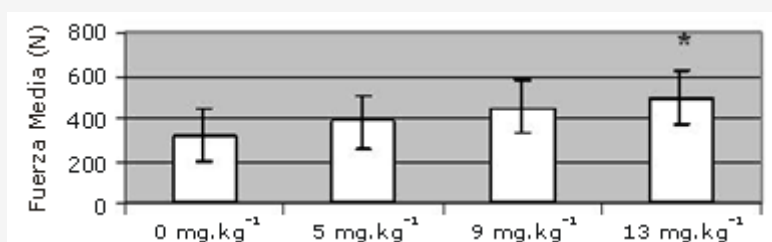


Figura 2. Efectos de las diferentes dosis de cafeína sobre la fuerza media (N). Los valores se presentan como media±DS. *Diferencias significativas con respecto al placebo; $p < 0,05$. BW= peso corporal.

Resistencia Isométrica

El índice de fatiga (%) disminuyó significativamente luego del consumo de cafeína ($F=7,539$; $p=0,00$) con una disminución promedio de 60% en los tres grupos que consumieron cafeína en comparación con el grupo que consumió el placebo. La comparación entre los grupos demostró una disminución significativa en el índice de fatiga en todos los tratamientos siendo los porcentajes de disminución con respecto al placebo, de 42%, 66% y 71% para las dosis de 5 mg.kg⁻¹, 9 mg.kg⁻¹ y 13 mg.kg⁻¹, respectivamente. Estos resultados se observan en la Tabla 3 y Figura 3. Se observó una relación lineal significativa entre la cantidad de cafeína consumida y el aumento en el índice de fatiga luego del consumo de 5 mg.kg⁻¹ ($r=0,34515$; $p=0,576$), 9 mg.kg⁻¹ ($r=-0,23275$; $p=0,0408$) y 13 mg.kg⁻¹ ($r=-0,37712$; $p=0,036$) de cafeína.

Dosis de Cafeína	Media±DS	Valor p
Placebo (0 mg.kg BW ⁻¹)	37,73±23,39	NA
5 mg.kg BW ⁻¹	23,66±10,81	0,044
9 mg kg BW ⁻¹	13,61±8,35	0,001
13 mg kg BW ⁻¹	11,81±2,27	0,004

Tabla 3. Resistencia isométrica (índice de fatiga, %) observada en los grupos que consumieron las diferentes dosis de cafeína.

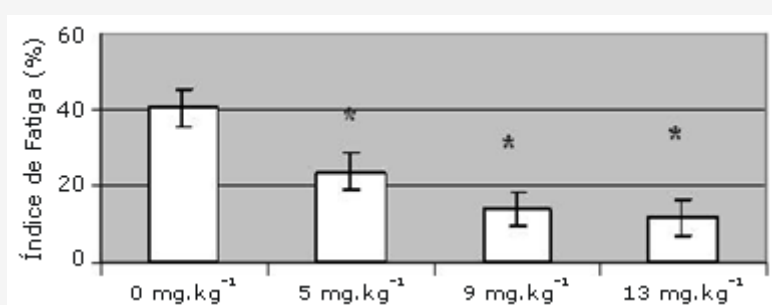


Figura 3. Efecto de las diferentes dosis de cafeína sobre el índice de fatiga (%) Los valores se presentan como media±DS.
*Diferencias significativas respecto al placebo; $p < 0,05$.

DISCUSION

En el presente estudio se midió el efecto de la cafeína sobre la contracción voluntaria máxima del extensor de la rodilla dominante de manera isométrica, y no de manera isotónica o isocinética, debido a que estudios previos han demostrado que existe una elevada correlación entre las tres formas de evaluación (cuando la evaluación se realiza en el ángulo de torque isométrico máximo de la articulación) (18). En el estudio se incluyó una dosis de cafeína elevada de 13 mg.kg^{-1} , debido a informes que certifican que algunos los ciclistas consumen dosis de cafeína igualmente altas durante las competencias (19), y además, para observar el efecto que provoca esta dosis tan elevada de cafeína (13 mg.kg^{-1}) sobre la fuerza y resistencia isométricas.

El efecto de cafeína sobre el rendimiento del ejercicio ha sido extensamente estudiado, pero los resultados, especialmente para los ejercicios de alta intensidad a corto plazo, son ambiguos. Los estudios han demostrado que la cafeína tiene un efecto ergogénico en la generación de fuerza máxima y resistencia muscular (6, 10, 20, 21). La ingestión de cafeína reduce el índice de esfuerzo percibido y mejora el rendimiento en el ejercicio (22). Sin embargo, otros investigadores no encontraron diferencias significativas en las mediciones de torque máximo, potencia e índice de fatiga luego de la ingestión de cafeína (23, 24, 25).

Dosis-Respuesta y Fuerza Isométrica

Los resultados indican que las dosis de cafeína de 5 y 9 mg.kg BW^{-1} aumentaron la fuerza máxima y la fuerza media en un 18% y 21% y 41% y 44%, respectivamente, en comparación con el placebo, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Sólo la dosis más alta de cafeína (13 mg.kg BW^{-1}) provocó un aumento significativo en la fuerza máxima y en la fuerza media de 62% y 58%, respectivamente, en comparación con el placebo.

Esto coincide con los resultados de James et al. (24) y Williams et al. (25) quienes demostraron efectos no significativos de las dosis intermedias de cafeína sobre la producción de fuerza. Sus resultados podrían atribuirse a un pequeño tamaño de muestra junto con un tamaño del efecto pequeño, lo que produciría una baja potencia estadística.

Así, los efectos beneficiosos de la cafeína sobre la fuerza isométrica sólo se observaron luego del consumo de una dosis elevada de cafeína y no luego de consumir dosis bajas o moderadas. Sin embargo, en el estudio de Plaskett y Cafarelli (10) se observó un aumento significativo en la producción de fuerza luego de la ingestión de una dosis moderada de cafeína (6 mg.kg BW^{-1}). Por lo tanto, nuestros resultados presentan diferencias con los resultados publicados previamente, pero las mismas podrían deberse a las diferencias en los grupos musculares seleccionados para el estudio o al mayor tamaño de la muestra. Mas aún, hay factores fisiológicos, dietarios y relacionados al modo de vida, que pueden alterar la absorción, distribución y eliminación de la cafeína y el acostumbamiento a la misma (1).

La cafeína moviliza y aumenta la liberación de Ca^{+2} intracelular a partir del retículo sarcoplásmico (26).

La cafeína, en dosis elevadas, también aumenta la sensibilidad de las miofibrillas al calcio y la inhibición de las fosfodiesterasas, produciendo un aumento subsecuente en el monofosfato de adenosina cíclico-3',5' (AMPC) en los diferentes tejidos del cuerpo, entre los que se incluyen los músculos esqueléticos (27). El tercer mecanismo principal de acción de la cafeína está asociado con su antagonismo con los receptores de adenosina, principalmente en el sistema nervioso central (28).

Entre los efectos directos de la cafeína sobre el músculo se menciona la potenciación de la tensión de la contracción muscular aislada del músculo por estímulo directo, tanto en reposo, como después de alcanzar la fatiga (29).

Resistencia Isométrica

En este estudio se analizaron los efectos de la cafeína sobre la resistencia isométrica, y se observaron efectos estadísticamente significativos de todas las dosis de cafeína estudiadas sobre el índice de fatiga.

El índice de fatiga disminuyó 42%, 66% y 71% a causa de la administración de las dosis de 5, 9, y 13 mg.kg BW^{-1} de cafeína respectivamente, (promedio de 59,5 %), en comparación con el placebo. De esta manera se observó un efecto beneficioso de la cafeína sobre la fatiga en la dosis más baja. Otros investigadores también observaron resultados similares (10, 30).

Por ejemplo, Kalmer y Cafarelli (6) demostraron que la cafeína tenía un efecto ergogénico sobre la generación de fuerza máxima y sobre la resistencia muscular; y plantearon como una posible explicación la activación eficiente del conjunto de unidades motoras a nivel supraespinal. Los autores también sugirieron que la ingestión de cafeína podría reforzar el rendimiento de resistencia inhibiendo la sensación de dolor que se asocia con la contracción isométrica muscular sostenida. Plaskett y Cafarelli (10) sugirieron que la cafeína (6 mg.kg⁻¹) indujo un aumento en el rendimiento de resistencia como resultado de la alteración de procesos sensoriales en el músculo, lo que indicaría que el mecanismo podría ser nervioso.

Sin embargo, algunos investigadores no encontraron diferencias significativas en las determinaciones del índice de fatiga luego de la ingestión de cafeína (23, 24, 25). Esto último podría atribuirse a la metodología (relación fuerza-EMG) empleada para interpretar los resultados; porque la misma representa la suma entre el reclutamiento de unidades motoras así como la tasa de descarga; la EMG superficial podría no ser un procedimiento correcto para medir los efectos de la cafeína sobre la eficacia de la contracción durante las contracciones submáximas (10).

Entre los posibles mecanismos para explicar la mayor resistencia isométrica luego de la ingestión de cafeína, se menciona la liberación de Ca⁺² del retículo sarcoplásmico (26). La capacidad de la cafeína de aumentar el rendimiento durante las actividades aeróbicas, ha sido asociada con una atenuación en los procesos sensitivos durante el ejercicio (31). Durante la contracción isquémica del músculo, se ha observado un efecto de disminución del dolor producido por la cafeína (21). Esto también podría contribuir con la demora en la manifestación de fatiga (percepción de incomodidad durante la fatiga). Estos mecanismos pueden producirse mediante la alteración en la composición química del entorno muscular.

También es probable que los mecanorreceptores de retroalimentación como el órgano tendinoso de Golgi (31) y los aferentes musculares tipo III/IV (32, 33), que son sensibles a los aumentos en la tensión/presión, sean influenciados por la cafeína. La cafeína podría alterar la información con conexión hacia delante (*feedforward*) y también podría afectar la manera en cómo la información de cualquier mecanismo con conexión hacia delante/hacia atrás (*feedforward/feedbackward*) se procesa centralmente (10). La cafeína podría enmascarar la fatiga, permitiendo así que los individuos se sientan bien y aumenten la excitación y la capacidad de mantener el esfuerzo (5).

Efectos Colaterales de la Cafeína

Aunque las dosis moderadas de cafeína (200-300 mg) pueden favorecer el estado de ánimo y mejorar el rendimiento psicomotor e intelectual, las dosis más elevadas pueden desencadenar ansiedad, producir síntomas como insomnio, dolor de cabeza, irritabilidad, temblor, náuseas, y diarrea, que dependen de la tolerancia individual, la tasa de absorción, el metabolismo y la edad (19). En nuestro estudio se reportaron síntomas como vértigo, dolor de cabeza, temblor, sensaciones de hambre, e insomnio durante y después de la ingestión de las dosis de 9 mg.kg⁻¹ y 13 mg.kg⁻¹, pero desaparecieron a las pocas horas.

Limitación del Estudio

En el presente estudio, no se realizó la determinación de parámetros tales como la concentración de cafeína en orina, tasa de esfuerzo percibido (RPE), umbral anaeróbico o del lactato (LT) luego de la ingestión de las diferentes dosis de cafeína (5, 9, y 13 mg.kg de peso corporal⁻¹).

Conclusión

En conclusión, se observó que la cafeína, en todas las dosis analizadas, ejerció un efecto ergogénico. La fuerza máxima y media se incrementaron significativamente (en promedio 40±22 % y 41±19%, respectivamente) mientras que el índice de fatiga disminuyó significativamente (60±16 % en promedio) con todas las dosis de cafeína. En las dosis investigadas, luego del consumo de cafeína, se observó una relación dosis-respuesta significativa solamente en el caso de la resistencia isométrica. Por lo tanto, es posible afirmar que la cafeína puede ser utilizada, inclusive en dosis bajas, como una ayuda ergogénica para aumentar el rendimiento en los eventos de resistencia, pero no en eventos de corta duración y de alta intensidad.

REFERENCIAS

1. Arnand M. J (1987). The pharmacology of caffeine. *Prog Drug Res* 31: 273-313
2. Fredholm B. B (1995). Adenosine, adenosine receptors & action of caffeine. *Pharmacol Toxicol* 76: 93-101
3. Biaggioni I., Paul S., Puckett A., Arzubiaga C (1991). Caffeine and theophylline as adenosine receptor antagonists in humans. *J*

4. Van Thuyne W., Delbeke F. T (2004). Caffeine use insports; an overview before the removal from the doping list. In: W. Schanzer, H Geyer, A. Gotzmann, U. Mareck (eds.). *Recent advances in doping analysis (12)*. Sports Und Buch Strau, Koln 27-35
5. Bugyi G. J (1980). The effects of moderate doses of caffeine on fatigue parameters of the flexor forearm muscles. *Am Correct Ther J* 34: 49-53
6. Kalmer C., Cafarelli E (1999). Effects of caffeine on neuromuscular function. *J Appl Physiol* 87(2): 801-808
7. Lopes J. M., Aubier M., Jardim J., Aranda J. V., Macklem P. T (1983). Effect of caffeine on skeletal muscle function before and after fatigue. *J Appl Physiol* 54: 1303-1305
8. Williams J. H., Barnes W. S., Gadberry W. L (1987). Influence of caffeine on force and EMG in rested and fatigued muscle. *Am J Phys Med* 66: 169-183
9. Blinks J. R., Olson C. B., Jewel B. R., Braveny P (1972). Influence of caffeine and other methylxanthines on mechanical properties of isolated mammalian heart muscle. Evidence of a dual mechanism of action. *Circ Res* 30: 367-392
10. Plaskett C. J., Cafarelli E (1940). Caffeine increases endurance & attenuates force sensation during submaximal isometric contractions. *J Appl Physiol* 91: 1535-1544
11. Bangsbo J., Jacobson K., Nordberg N., Christensen N. J., Graham T (1992). Acute and habitual caffeine ingestion and metabolic responses to steady state exercise. *J Appl Physiol* 72: 1297-1303
12. Zang Y., Wells J. N (1990). The effects of chronic caffeine administration on peripheral adenosine receptors. *J Pharm Exp Ther* 245: 757-763
13. Graham T. E., Spriet L. L (1995). Metabolic, catecholamine and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol*, 71: 2292-2298
14. Graham T. E., Rush W. J. E., Van Soeren M. H (1994). Caffeine and Exercise: metabolism and performance. *Can J Appl Physiol*: 19: 111-139
15. Jackman M., Wendling P., Friars D., Graham T. E (1996). Metabolic, catecholamine and endurance responses to of caffeine during intense exercise. *J Appl Physiol*: 81: 1658-1663
16. Kisner C., Colby L. A (1996). Therapeutic exercise foundations and techniques. *New Delhi: Jaypee Brothers*, pp. 115-116
17. Milner-Brown H. S., Mellenthin M., Miller R. G (1986). Quantifying human muscle strength, endurance and fatigue. *Arch Phy Med Rehabil* 67: 530-535
18. Kanapik J. J., Wright J. E., Mawdsley R. H., Braun J. M (1983). Isokinetic, isometric & isotonic str relationships. *Arch Phys Med Rehabil* 64(2): 77-80
19. Pasman W. J., van Baak M. A., de Haan A (1995). The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med* 16(4): 225-230
20. Howlett R. A., Kelly K. M., Grassi B., Gladden L. B., Hogan M. C (2005). Caffeine administration results in greater tension development in previously fatigued canine muscle in situ. *Experimental Physiology* 90, 6: 873-879
21. Meyers D. E., Shaik Z., Zullo T. G (1997). Hypoalgesic effect of caffeine in experimental ischaemic muscle contractions. *J Headache* 31: 654-658
22. Doherty M., Smith P. M (2005). Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* 15(2): 69-78
23. Bond V., Gresham K., MacRae J., Tearney R. J (1986). Caffeine ingestion and isokinetic strength. *Br J Sports Med* 20(3): 135-7
24. James R. S., Wilson R. S., Askew G. N (2003). Effects of caffeine on mouse skeletal muscle power output during recovery from fatigue. *J Appl Physiol* 96: 545-552
25. Williams J. H., Signorile J. F., Barnes W. S., Henrich T. W (1988). Caffeine, maximal power output and fatigue. *J Sports Med* 22(4): 132-134
26. Binachi P (1975). Cellular pharmacology of contraction of skeletal muscle. In: *Cellular pharmacology of excitable tissues*, Charles, C. T., Springfield: 485-519
27. Beavo J. A., Rogers N. L., Crofford O. B., Hardman J. G., Sutherland E. W., Newman E. V (1970). Effects of xanthine derivatives and on adenosine 3[5]-monophosphate phosphodiesterases activity. *Molec Pharmacol* 6:597-603
28. Daly W. J., Bruns R. F., Synder S. H (1981). Adenosine receptors in central nervous system: relationship to the central actions of methylxanthines. *Life Sci* 2083-2097
29. Connett R. J., Ugol L. M., Hammack M. J., Hayes E. T (1983). Twitch potentiation and caffeine contractures in isolated rat soleus muscle. *Comp Biochem Physiol* 74C: 349-354
30. Meyers D. E., Shaik Z., Zullo T. G (1997). Hypoalgesic effect of caffeine in experimental ischaemic muscle contractions. *J Headache* 31: 654-658
31. Cole K. J., Costill D. L., Starling R. D., Goodpaster B. H., Trappe S. W., Fink W. J (1996). Effects of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent work production. *Int J Sports Nutr* 6: 14-23
32. Jami J (1992). Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscle: functional properties and central action. *Physiol Rev* 72: 623-666
33. Kaufman M. P., Longhurst J. C., Rybicki K. J., Wallach J. H., Mitchell J. H (1983). Effects of static muscular contractions on impulse activity of group III and IV afferents in cats. *J Appl Physiol* 55: 105-112

Cita Original

Sharma Archna and Jaspal S. Sandhu. The effect of different dosages of caffeine on isometric strength and isometric endurance. *JEPonline*; 12 (6): 34-43, 2008.