

# Efectos de la cafeína en el aumento de masa muscular

**GRADO EN  
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE**

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**



**CURSO ACADÉMICO 2023-2024**

**Alumno/a: Francisco Javier Bajo Sánchez**

**Tutor académico: Néstor Vicente Salar**

# Contenido

1. Contextualización.....	3
1.1    Vías de desarrollo de la fuerza.....	3
1.1.1 Entrenamiento de fuerza máxima .....	3
1.1.2 Entrenamiento de hipertrofia .....	3
1.2 Papel de la nutrición en el ejercicio .....	3
1.2.1 Suplementación.....	4
1.2.2 Ayudas ergonutricionales .....	4
1.2.3 Cafeína .....	5
2. Procedimiento de revisión (Metodología).....	5
3. Revisión bibliográfica (Desarrollo) .....	7
4. Discusión.....	10
5. Propuesta de intervención .....	12
Bibliografía .....	13



# 1. Contextualización

El objetivo del entrenamiento de fuerza tiene dos enfoques principalmente, aumentar la fuerza máxima y desarrollar la hipertrofia.

## 1.1 Vías de desarrollo de la fuerza

### 1.1.1 Entrenamiento de fuerza máxima

La fuerza máxima es la capacidad de generar la mayor cantidad de fuerza posible en un solo esfuerzo. El rango de intensidad para trabajar esta cualidad de la fuerza se sitúa entre el 85-90% RM (González-Badillo, J. J. G. & Gorostiaga, E., 2002), esto a su vez, provoca que se puedan efectuar un menor número de repeticiones (1-5). El número de series por ejercicio serán entre 4-8, con descansos prolongados, de entre 3 a 5 minutos (González-Badillo, J. J. G. & Gorostiaga, E., 2002).

### 1.1.2 Entrenamiento de hipertrofia

Su objetivo es aumentar el tamaño de las fibras musculares, para ello se utilizan cargas medias-altas (65-85% RM), aumentando el número de repeticiones (6-12), y disminuyendo el tiempo de recuperación para aumentar esa fatiga metabólica (60-90 segundos) (Bompa, T. O. & Cornacchia, L. J., 2002). Dentro de la hipertrofia encontramos 2 tipos, aunque no son independientes:

-Hipertrofia sarcoplasmática: Es el aumento del volumen muscular, lo que provoca un aumento del volumen de la célula, pero no necesariamente se observa un aumento de la fuerza.

-Hipertrofia miofibrilar: Es el incremento de la masa muscular, mediante el aumento del número de miofibrillas produciendo un aumento de unidades contráctiles, en este caso, sí que se observa un aumento de los niveles de fuerza.

## 1.2 Papel de la nutrición en el ejercicio

El papel de la nutrición para optimizar el entrenamiento, prevenir lesiones y mejorar la recuperación, es muy importante. El manejo de los diferentes macronutrientes (Hidratos de Carbono, Grasas y Proteínas) de la dieta, es un factor esencial para la optimización de los estímulos producidos por el entrenamiento.

El balance energético, se define como la diferencia entre la ingesta calórica y el gasto energético por parte del deportista, siendo clave para el aumento de la masa muscular. Un balance energético positivo, es decir, mantener una ingesta calórica superior al gasto energético, induce el anabolismo, además si se combina este balance energético positivo con un adecuado entrenamiento de fuerza se pueden obtener efectos superiores en el aumento de masa muscular (Garthe, I. et al., 2013). Es recomendable mantener una ingesta con un balance energético de entre 500-1000 Kcal para así obtener mejoras en el aumento de la masa muscular (Rankin J. W., 2002).

Con relación a los hidratos de carbono, son la fuente principal de energía de nuestro organismo, almacenándose como glucógeno muscular y hepático principalmente. Su consumo adecuado mediante la alimentación va a garantizar que los depósitos de glucógeno estén llenos para favorecer un rendimiento eficiente. En el ejercicio de fuerza, las vías metabólicas determinantes para mantener el rendimiento son la glucólisis, la glucogenólisis y la producción

de ATP, relacionadas a su vez con por la cantidad de glucógeno muscular almacenado (Lambert, C. P., & Flynn, M. G., 2002). La disminución de glucógeno muscular cuando se realiza ejercicio físico parece ser la causa de la fatiga en el entrenamiento de fuerza. La dosis recomendada para favorecer que los depósitos de glucógeno estén llenos y ayuden al aumento de masa muscular variarán en función del tipo de entrenamiento. Para un entrenamiento moderado (1h al día) se ha demostrado que un consumo de entre 5-7 g/kg de peso corporal (alrededor del 60% de la distribución calórica), mejorarían los aspectos descritos anteriormente (Burke, L. M et al., 2011). Se ha demostrado que tanto dietas bajas en carbohidratos (<40%) como muy altas en carbohidratos (>70%), no tienen efectos beneficiosos en el rendimiento (Burke, L. M. et al., 2011).

Respecto a las proteínas, van a ser las encargadas de formar las estructuras corporales, así como favorecer la creación y reparación celular. La dosis recomendada para que se produzca el aumento de masa muscular se encuentra entre 1,6-1,7 g/kg de peso corporal (Slater, G. & Phillips, S. M., 2011). Por otra parte, para los deportistas que realicen entrenamiento de alta intensidad y volumen se recomienda unas ingestas superiores entre 1,7-2,2 g/Kg de peso corporal (Kerksick, C. M. et al., 2018).

En cuanto a las grasas, su dosis recomendada es de entre 25-30% de la distribución calórica total. Varios autores han indicado que para mantener altas concentraciones de testosterona circulante se recomienda mantener una dieta alta en grasas (Kerksick, C. M. et al., 2018). Por otra parte, el entrenamiento de fuerza es principalmente anaeróbico y, por tanto, no serían tan utilizadas como otros recursos energéticos.

### 1.2.1 Suplementación

El Australian Institute of Sport (AIS) es una institución referente que se centra en abordar temas como la nutrición deportiva, fisiología y recuperación. Este organismo ha creado una clasificación de los suplementos en 4 niveles (ABCD), siendo A el mayor grado de evidencia científica y C el de menor evidencia científica. En el nivel D se encuentran sustancias dopantes no permitidas por la WADA (World Anti Doping Agency). Se dividen de la siguiente manera:

- Suplementos nutricionales que son fuente de nutrientes cuando no se dispone de alimentos convencionales o la ingesta es tan elevada que con alimentos es complicado realizarla.

- Suplementos médicos utilizados para tratar problemas clínicos.

- Ayudas ergonutricionales que pueden aumentar el rendimiento.

Se considera “ayuda ergogénica” a un método que potencia el rendimiento físico en una disciplina deportiva (Santesteban Moriones, V., & Ibáñez Santos, J., 2017). Estas ayudas proporcionan un aumento del rendimiento deportivo y que la recuperación también se vea beneficiada. Se clasifican en cinco categorías: nutricional, mecánica, psicológica, física y farmacológica. (Santesteban Moriones, V., & Ibáñez Santos, J., 2017).

### 1.2.2 Ayudas ergonutricionales

Se entiende como “ayuda ergonutricional” a aquellos suplementos nutricionales incluidos en la dieta y que buscan optimizar el rendimiento deportivo, mejorando la

eficiencia, favoreciendo la recuperación tras la realización de ejercicio o favoreciendo la prevención de lesiones (Gil de Antuñano, N. P. et al., 2012).

### 1.2.3 Cafeína

Según la AIS, la cafeína se encuentra dentro del Grupo A en el apartado de ayudas ergonutricionales. Es uno de los suplementos más estudiados y ha demostrado producir mejoras en varias modalidades deportivas (McLellan, T. M. et al., 2016; Desbrow, B. et al., 2019).

La cafeína está presente en muchos de los alimentos que se consumen habitualmente, como el café y el chocolate. Tiene una serie de efectos tanto a nivel físico como mental. Actúa como antagonista de los receptores de la adenosina, lo que produce un aumento del estado de alerta, aumento de la energía y reducción de la fatiga (Goldstein et al., 2010). La adenosina es un nucleósido muy ubicuo, que tiene un papel importante en el sistema nervioso central, favoreciendo el sueño, también posee efectos en el sistema cardiovascular, ayudando a ralentizar la frecuencia cardíaca y reducir la presión arterial (Chen, J. F. et al., 2014). De esta forma, al inhibirse los receptores de adenosina, se produce un aumento de la función de la adenilato ciclasa, provocando, por tanto un incremento del AMP cíclico (Goldstein et al., 2010). Por otra parte, la cafeína va a favorecer el aumento de la liberación de calcio intracelular lo que provoca que se produzca un aumento de la contracción muscular (Reggiani C., 2021).

Hasta el año 2004, la cafeína era considerada una sustancia dopante por la WADA y no estaba permitida consumirla a los deportistas de alto rendimiento por su efecto sobre el rendimiento y la salud. Fue en ese mismo año cuando la WADA decidió retirar la cafeína de la lista de sustancias prohibidas y, por tanto, actualmente no es considerada una sustancia dopante.

La mayoría de los estudios acerca de los beneficios de la cafeína están enfocados en el rendimiento aeróbico y se ha llegado a la conclusión de que obtienen un efecto positivo. En este sentido, el uso de cafeína resultó eficaz para incrementar el tiempo hasta el agotamiento durante una carrera a pie frente a un grupo control (Ganio, M. S., 2009; Poli, R. A., 2016). Por otra parte, cabe destacar que existen pocos estudios sobre el rendimiento anaeróbico donde se incluya el entrenamiento de fuerza y el papel de la cafeína. Es por ello que se hace necesario realizar investigaciones sobre sus posibles efectos (Astorino, T. A., & Roberson, D. W., 2010).

Por lo tanto, el objetivo principal de esta revisión sistematizada se centrará en comprobar los posibles efectos de la cafeína en relación al desarrollo de la masa muscular.

## 2. Procedimiento de revisión (Metodología)

La metodología empleada para la realización de la revisión bibliográfica se ha llevado a cabo siguiendo la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Para llevar a cabo esta investigación se utilizó la base de datos PubMed. La búsqueda se realizó durante los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2023.

La elección de los artículos se llevó a cabo mediante búsquedas a través de la combinación de los términos MeSH “caffeine”, “Hypertrophy”, “Muscle Strength”, “Weight Lifting” y utilizando el conector “AND”.

PubMed	
Suplemento	Entrenamiento de hipertrofia
Caffeine	Hypertrophy Muscle Strength Weight Lifting
<b>AND</b>	

**Tabla 1.** Términos MeSH utilizados en la base de datos PubMed

Se encontraron 476 artículos en total en la base de datos (151 con “Caffeine AND Hypertrophy”, 285 con “Caffeine AND Muscle Strength” y 40 con “Caffeine and Weight Lifting”). Estos resultados se sometieron a los siguientes criterios de exclusión por lo que se descartaron aquellos que: a) fueran anteriores a 1990; b) trataban sobre la hipertrofia cardiaca; c) probados con animales; d) combinaban la cafeína con otros suplementos; e) abordaban temática de dopaje; f) combinaban la cafeína con Hidratos de Carbono; g) no se consideraba la cafeína como suplemento; h) revisiones bibliográficas o metaanálisis; j) trataban con voluntarios que padecían patologías; k) otros motivos, como la fatiga o deportes específicos.

Se excluyeron 446 artículos debido a los criterios de exclusión mencionados y, además, se eliminaron 16 estudios al estar duplicados. Finalmente se obtuvieron 13 artículos para la realización de la revisión sistemática, ya que se prescindió de uno de ellos por no poder acceder al estudio completo (Figura 1).



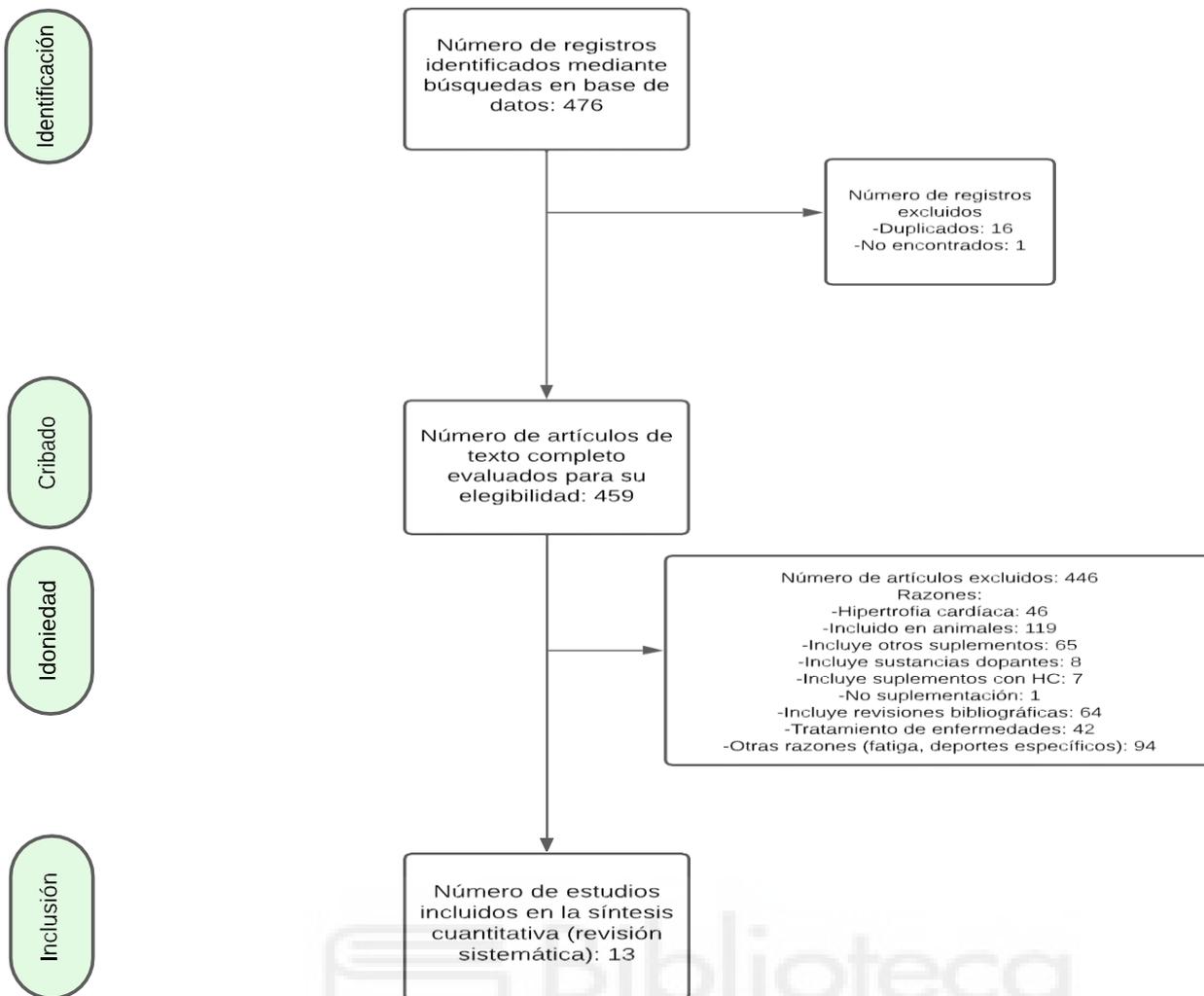


Figura 1. Diagrama de flujo

### 3. Revisión bibliográfica (Desarrollo)

Esta revisión bibliográfica sistematizada cuenta con 13 artículos, y con un total de 289 sujetos participantes entre todos ellos. Por género se dividieron en 234 hombres (81%) y 55 mujeres (19%).

Respecto a los parámetros circulantes, con una dosis de 800 mg de cafeína 1 hora antes del ejercicio, se produjo un incremento de los niveles de testosterona y cortisol de 61% y 51% respectivamente, tras realizar un test de 4 series de sentadilla, peso muerto, estocada y flexión de rodilla, combinado con superseries de sprint 10m (Beaven et al., 2008) (Tabla 2). A su vez, con una dosis de 5 mg/kg y 1 hora antes del ejercicio se observó un incremento de los niveles de lactato, cortisol, glucosa, insulina y ácidos grasos, tras realizar series de repeticiones hasta el fallo en sentadilla y press banca y test de Wingate (Woolf et al., 2008) (Tabla 2). Por otra parte, con una dosis similar al estudio anterior (6 mg/kg) y 30 minutos antes del ejercicio, se realizó una prueba incremental en tapiz rodante. Los resultados mostraron un incremento significativo de la IL-6 en comparación con un grupo control, sin embargo, no se observaron cambios en la IL-10, lactato o SOD, pero sí una reducción significativa en los TBARS, utilizados como marcadores para medir la peroxidación lipídica y evaluar el estrés oxidativo del sujeto (Salicio et al. 2016) (Tabla 2). Una dosis de 8 mg/kg de cafeína 30 minutos antes del test 10RM en press banca, sentadilla y peso muerto, indujo un aumento de la liberación de calcio en sangre, pero no se encontró ese efecto con una dosis inferior (Ferreira, L. H. B. et al. 2022) (Tabla 2).

Estudio	Participantes	Edad (años)	Sexo	Protocolo toma de cafeína	Duración	Protocolo de ejercicios	Mediciones	Resultados
Beaven, C. M. et al. (2008) [11]	24	22,3±3	24 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental 1: 200mg/60 minutos antes de la prueba</li> <li>-Grupo experimental 2: 400mg/60 minutos antes de la prueba</li> <li>-Grupo experimental 3: 800mg/60 minutos antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	1 día	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sentadilla</li> <li>-Peso muerto</li> <li>-Estocada</li> <li>-Flexión de rodilla</li> <li>-Cada levantamiento en superserie con sprint de 10m</li> <li>-Ejercicios de core</li> </ul>	-Parámetros circulantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ Rendimiento en sprint "Solo Grupo experimental 3"</li> <li>↑61% la testosterona y del 51% el cortisol durante el periodo de ejercicios "Solo Grupo experimental 3"</li> <li>↑ Testosterona dependiente de la dosis</li> <li>↑ Cortisol dependiente de la dosis</li> </ul>
Woolf, K. et al. (2008) [18]	18	24,1±5,8	18 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental: 5 mg/Kg/60 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	2 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Repeticiones al fallo en Sentadilla y Press Banca</li> <li>-Prueba de Wingate de 30 s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-FC</li> <li>-PA</li> <li>-Parámetros circulantes</li> <li>-Análisis de orina</li> <li>-RPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ Peso levantado en press banca</li> <li>↑ Potencia test Wingate</li> <li>↑PAD</li> <li>↑PAS</li> <li>↑ Lactato plasmático</li> <li>↑Cortisol sérico</li> <li>↑Glucosa plasmática</li> <li>↑Insulina sérica</li> <li>↑Ácidos grasos</li> </ul>
Astorino, T. A. et al. (2011) [24]	14	23,1±1,1	14 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-6mg/Kg/60 minutos antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	3 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1 RM en Press Banca, Sentadilla, Remo bilateral y Press Militar</li> <li>-Repeticiones al fallo al 70% en Press Banca y Press Militar</li> <li>-Repeticiones al fallo al 80% en Sentadilla y Remo bilateral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Número de repeticiones completadas</li> <li>-Peso total levantado</li> <li>-Análisis de saliva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ 1,5 repeticiones más en las series 1 y 2 de sentadilla</li> <li>↑ Peso total levantado</li> </ul>
Duncan, M. J. et al. (2013) [45]	11	26,4±6,4	9 H 2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental:5 mg/Kg/60 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	3 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1 RM en Press Banca, Peso Muero, Remo y Sentadilla</li> <li>-Repeticiones hasta el fallo al 60% en Press Banca, Peso Muerto, Remo y Sentadilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Número de repeticiones</li> <li>-Percepción de dolor muscular</li> <li>-RPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑Número de repeticiones completadas</li> <li>↓Percepción de dolor muscular</li> <li>↓RPE</li> </ul>
Salicio, V. M. M. et al. (2016) [38]	48	18-30	16 H 32 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental 1: 6 mg/Kg/30 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo: Almidón</li> </ul>	2 días (1 día con cada toma)	Prueba incremental en cinta rodante hasta el agotamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Parámetros circulantes</li> <li>-SOD</li> <li>-TBARS</li> <li>-Espirometría</li> <li>-PAS</li> <li>-PAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ IL-6</li> <li>↓TBARS</li> <li>↔IL-10</li> <li>↔VO2Max</li> <li>↔Lactato</li> <li>↔PAS</li> <li>↔PAD</li> <li>↔SOD</li> </ul>
Trexler, E. T. et al. (2016) [5]	54	20,1±2,1	54 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental 1: 300 mg cafeína anhidra/30 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo experimental 2: 8,9 g café deshidratado/30 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	2 días	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1 RM en Sentadilla y Press Banca</li> <li>-Repeticiones hasta la fatiga al 80% en Sentadilla y Press Banca</li> <li>-Sprint repetido: 5 sprints máximos de 10s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fuerza máxima</li> <li>-Producción total de trabajo</li> <li>-Repeticiones hasta el fallo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ Potencia máxima sprint</li> <li>↑ Producción total de trabajo sprint "Grupo experimental 1 y 2"</li> </ul>
Grgic, J. et al. (2017) [52]	17	26±6	17 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental: 6 mg/Kg/60 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	3 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1 RM en Sentadilla y Press Banca</li> <li>-Potencia muscular con salto vertical</li> <li>-Potencia muscular con lanzamiento de balón medicinal</li> <li>-Repeticiones al fallo al 60% en Sentadilla y Press Banca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Percepción de dolor muscular</li> <li>-RPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ Rendimiento de fuerza en la parte inferior del cuerpo</li> <li>↑ Potencia en la parte superior del cuerpo</li> <li>↓ RPE</li> </ul>

Polito, M. D. et al. (2019) [2]	14	24,7±6,8	14 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental 1: 3mg/Kg/60 minutos antes de la prueba</li> <li>-Grupo experimental 2: 6mg/Kg/60 minutos antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	4 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1 RM en Press Banca, Press Militar y Curl Bíceps</li> <li>-3 series al fallo al 70% en Press Banca, Press Militar y Curl Bíceps</li> </ul>	-Número de repeticiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ Número de repeticiones realizadas</li> <li>↔ Niveles de fuerza</li> </ul>
Salatto, R. W. et al. (2020) [157]	15	23,1±1,9	15 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental: 800 mg/60 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	3 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1 RM en Press banca, Press Inclinado y Press Mancuernas</li> <li>-3 series al fallo al 80% en Press Banca, Press Inclinado y Press Mancuernas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Número de repeticiones</li> <li>-RPE</li> <li>-FAS</li> <li>-BRUMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ Número repeticiones press banca</li> <li>↑ Número repeticiones press inclinado</li> <li>↑ BRUMS</li> </ul>
Burke, B. I. et al. (2021) [21]	11	19,7±0,9	11 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental 1: 6 mg/Kg/60 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo 2: Sucralosa</li> </ul>	2 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Saltos verticales: SJ y CMJ</li> <li>-Tirones isométricos a mitad del muslo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-FC</li> <li>-PAD</li> <li>-PAS</li> <li>-Temperatura timpánica</li> <li>-Testosterona total</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ FC</li> <li>↑ PAD</li> <li>↑ PAS</li> <li>↑ Temperatura timpánica</li> <li>↑ Altura de salto con y sin carga en CMJ</li> <li>↑ Altura de salto con y sin carga en SJ</li> </ul>
Ferreira, L. H. B. et al. (2022) [30]	21	19,6±0,8	21 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental 1: 6 mg/Kg/30 min después de la comida</li> <li>-Grupo experimental 2: 8 mg/Kg/30 min después de la comida</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	3 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Test 10 RM en Press Banca, Peso Muerto y Sentadilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Liberación de calcio en sangre</li> <li>-RPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ Niveles de fuerza "Solo Grupo experimental 2"</li> <li>↑ Liberación de calcio "Solo Grupo experimental 2"</li> <li>↑ RPE "Solo Grupo experimental 2"</li> </ul>
Tamilio, R. A. et al. (2022) [63]	22	20±2	22 H	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental: 3 mg/Kg/45 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo</li> </ul>	6 días (3 días con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1 RM en Press Banca, Press Militar, Sentadilla y Peso Muerto</li> <li>-Saltos verticales: CMJ y SJ</li> <li>-Tirón isométrico a mitad de muslo</li> <li>-2 series hasta la fatiga al 70% en Press Banca, Press Militar, Sentadilla y Peso Muerto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-RM</li> <li>-Altura de salto</li> <li>-RFD</li> <li>-Excitación sentida</li> <li>-Motivación</li> <li>-RPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↔ RM</li> <li>↔ Altura de salto</li> <li>↔ RFD</li> <li>↔ Excitación sentida</li> <li>↔ Motivación</li> <li>↔ RPE</li> </ul>
Ruiz-Fernández, I. et al. (2023) [43]	20	22,9±3,6	10 H 10 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo experimental: 3 mg/Kg/60 min antes de la prueba</li> <li>-Grupo placebo: Maltodextrina</li> </ul>	3 días (1 día con cada toma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Potencia y fuerza muscular: Medir la velocidad de la barra con Encoder, 1 repetición al 25%, 50%, 75% y 90% del 1 RM en ejercicios de press banca y sentadilla</li> <li>-Resistencia muscular: una serie al 65% y 85% 1RM en press banca y sentadilla hasta el fallo</li> <li>-Fuerza isométrica: Presión manual y tracción del muslo con dinamómetro</li> <li>-Salto vertical: SJ y CMJ en plataforma de fuerza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Percepción de potencia</li> <li>-Percepción de resistencia</li> <li>-Percepción de energía</li> <li>-RPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ RFD sentadilla</li> <li>↑ V<sub>máx</sub> y P<sub>máx</sub> al 75% y 90% 1RM</li> <li>↑ Presión de la mano dominante</li> <li>↑ Número repeticiones realizadas</li> </ul>

**Tabla 2.** Descripción de los estudios.

BRUMS= Escala de humor; FAS= Escala de excitación sentida; H= Hombres; IL=Interleucina; M= Mujeres; PA= Presión arterial; PAD= Presión arterial diastólica; PAS= Presión arterial sistólica; RFD= Índice de desarrollo de fuerza; RPE= Índice de esfuerzo percibido; SOD= Superóxido dismutasa; TBARS= Sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico; ↓= Disminución estadísticamente significativa; ↑= Aumento estadísticamente significativo; ↔= No hay cambios estadísticamente significativos; 1RM= 1 Repetición máxima; 10RM= 10 Repeticiones máximas

Con relación a los parámetros de rendimiento, según varios autores concluyen que con dosis de 800mg o 3-6 mg/kg de cafeína y 1 hora antes del ejercicio, se producía un incremento del rendimiento durante el sprint, aumento del peso levantado y número de repeticiones realizadas en los ejercicios de press banca, sentadilla, remo y press militar, además, de incrementar la altura del salto tanto en SJ como en CMJ (Beaven, C. M. et al. 2008; Woolf, K. et al. 2008; Astorino, T. A. et al. 2011; Duncan, M. J. et al. 2013; Grgic, J. et al. 2017; Burke, B. I. et al. 2021; Ruiz-Fernández, I. et al. 2023; Salatto, R. W. et al. 2020; Ferreira, L. H. B. et al. 2022) (Tabla 2). Con una dosis de 300 mg de cafeína anhidra y/o 8,9 g de café deshidratado se aumentó la potencia máxima de sprint y la producción total de trabajo (Trexler, E. T. et al. 2016) (Tabla 2). Por el contrario, el consumo de 3 y 6 mg/kg de cafeína 1 hora antes de un protocolo de RM y series hasta el fallo de diversos ejercicios con pesos libres, no obtuvo diferencias significativas frente al grupo control en cuanto a los niveles de fuerza, pero si hubo un aumento del número de repeticiones realizadas (Polito, M. D. et al. 2019) (Tabla 2). Además, un estudio con una dosis de 3 mg/kg de cafeína 45 minutos antes del test 1RM junto a saltos verticales y series hasta la fatiga en diversos ejercicios de fuerza, no obtuvo diferencias significativas respecto al grupo control (Tamilio, R. A. et al. 2022) (Tabla 2). Por otro lado, se observó que con una dosis de 6 mg/kg de cafeína 30 minutos antes del test 10RM en diversos ejercicios de fuerza no se producían mejoras respecto al grupo control, pero si con una dosis de 8mg/kg (Ferreira, L. H. B. et al. 2022) (Tabla 2).

En relación a los factores fisiológicos, únicamente se obtuvieron 2 estudios que realizaron análisis sobre estas variables. Con una dosis de 5 mg/kg se produjo un incremento de la PAD y PAS, pero manteniendo la FC respecto al grupo control, tras realizar series de repeticiones hasta la fatiga en varios ejercicios de fuerza y el test Wingate (Woolf, K. et al. 2008) (Tabla 2). Con una dosis superior a la anterior (6 mg/kg), también se mantenían los niveles de  $VO_{2Máx}$ , PAS y además de PAD, al realizar una prueba incremental en tapiz rodante (Salicio, V. M. et al. 2016) (Tabla 2).

Finalmente, en relación a los parámetros que valoran la fatiga se observaron resultados contradictorios a pesar de que las pruebas realizadas fueron similares (test RM o series de diversos ejercicios de fuerza hasta la fatiga). Con una dosis de 5 o 6 mg/kg se reducía el RPE percibido durante la sesión donde se realizaban test 1RM, series hasta la fatiga y series de potencia en diversos ejercicios de fuerza (Duncan, M. J. et al. 2013; Grgic, J. et al. 2017) (Tabla 2). Por el contrario, con dosis de 3 o 6 mg/kg, tras realizar test 10RM o test 1RM, saltos verticales y series hasta la fatiga de diversos ejercicios de fuerza, el RPE percibido aumentaba con la dosis de 3 mg/kg, mientras que se mantenía con 6 mg/kg respecto al grupo control (Tamilio, R. A. et al. 2022; Ferreira, L. H. B. et al. 2022) (Tabla 2). En relación a la percepción del dolor muscular, solo un estudio observó que con una dosis de 5 mg/kg disminuía significativamente frente al placebo (Duncan, M. J. et al. 2013) (Tabla 2). Por otra parte, una dosis de 800 mg de cafeína producía un aumento en la escala de BRUMS frente al placebo, lo cual indica el estado emocional del sujeto y resulta útil para conocer el nivel de estrés, ansiedad y depresión, a mayor puntuación significaría un incremento del estrés (Salatto, R. W. et al. 2020) (Tabla 2). Finalmente, se observó que con una dosis de 3 mg/kg mientras realizaron test 1RM, series hasta la fatiga y saltos verticales, los niveles de excitación sentida y motivación se mantenían respecto al grupo control (Tamilio, R. A. et al. 2022) (Tabla 2).

## 4. Discusión

En relación a los parámetros circulantes, varios de los estudios seleccionados encontraron que la suplementación con cafeína, independientemente de las dosis empleadas, producía cambios en varios de ellos. Dos estudios encontraron que 800 mg y 5 mg/kg de cafeína

1 hora antes del ejercicio aumentaba los niveles de cortisol, mientras que también se observó que la testosterona aumentaba en función de la dosis. Por lo tanto, el incremento de la testosterona podría ayudar a aumentar la fuerza muscular, favoreciendo los procesos anabólicos (Svartberg, J. et al. 2003). El incremento de los niveles de cortisol producirá un aumento en la liberación de glucosa y ácidos grasos, sin embargo, este incremento de cortisol mantenido en el tiempo puede reducir los efectos anabólicos producidos por el aumento de la testosterona (Beaven et al., 2008; Woolf et al., 2008). Por otro lado, con dosis mayores de cafeína (6 mg/kg), se observó un incremento de IL-6 (Salicio et al. 2016), una citoquina que regula la migración de las células satélite y promueve hipertrofia muscular (Serrano et al. 2008). La IL-6 es una citoquina pleiotrópica, por tanto, tiene funciones tanto proinflamatorias (estimulando la producción de otras citoquinas proinflamatorias) como antiinflamatorias (inhibiendo esta producción y estimulando la producción de citoquinas antiinflamatorias) (Petersen, A.M & Pedersen, B.K. 2005). A nivel del sistema antioxidante, se encontró que se mantenía la actividad de la enzima peróxido dismutasa y se reducían los niveles de TBARS, lo que podría indicar que la cafeína reduciría el estrés oxidativo y la peroxidación lipídica, reduciendo así los procesos de daño celular (Salicio et al. 2016).

Parece ser que dosis menores de 8 mg/kg de cafeína no logran un aumento en la liberación de calcio del retículo sarcoplasmático por lo que el proceso de contracción muscular no se vería favorecido, y por ello, tampoco el rendimiento en los ejercicios de fuerza (Ferreira, L. H. B. et al. 2022). También se observó cierta controversia entre resultados de varios estudios seleccionados, ya que con 5mg/kg de cafeína los niveles de lactato se elevaban, mientras que en otro estudio con 6 mg/kg de cafeína, el lactato se mantenía estable respecto a un grupo control. Una posible explicación podría ser el tipo de prueba realizada ya que el primer estudio empleó series hasta el fallo mientras que el segundo estudio realizó una prueba incremental en tapiz rodante. La carrera en el tapiz rodante, al ser una prueba más sostenida en el tiempo y de carácter aeróbico, el lactato podría estar reutilizándose durante la prueba y ser utilizado como sustrato energético, mientras que en las repeticiones hasta el fallo se generarían altos niveles de lactato, pero al tener una corta duración no podría ser reutilizado (Woolf et al., 2008; Salicio et al. 2016).

Respecto a los parámetros de rendimiento, con una dosis de 3 y 6 mg/kg de cafeína se observó un efecto en el incremento del número de repeticiones completadas, pero sin diferencias en los niveles de fuerza (Polito, M. D. et al. 2019). Esto puede deberse a que solo incluyó ejercicios del tren superior, a diferencia de otros estudios donde sí que se realizaron ejercicios del tren inferior y superior, ya que ciertos trabajos sugieren un mayor efecto de la cafeína a nivel de tren inferior (Astorino, T. A. et al. 2011; Warren, G. L. et al. 2010). En relación a los niveles de fuerza, no se encontraron diferencias significativas utilizando una dosis de 6 mg/kg 30 minutos antes del ejercicio (Ferreira, L. H. B. et al. 2022) o 3 mg/kg 45 minutos antes (Tamilio, R. A. et al. 2022); sin embargo, con una dosis de 8 mg/kg si las hubieron, lo que sugiere una posible dosis de cafeína umbral para lograr efectos significativos en esta variable (Ferreira, L. H. B. et al. 2022).

En relación a variables fisiológicas, una dosis de 5 mg/kg de cafeína aumentó la PAS y PAD (Woolf, K. et al. 2008), mientras que en ensayos con una dosis de 6 mg/kg, éstas se mantenían (Salicio, V. M. M. et al. 2016). La posible explicación de estos resultados aparentemente contradictorios podría deberse a que en el primer estudio se midió la PAD en reposo en mitad del test y la PAS justo al finalizarlo y, por tanto, ambas variables se encontrarían elevadas por la falta de tiempo de recuperación. En el segundo estudio, se evaluó ambas variables tras dos minutos de finalizar la prueba, lo que permitió una pequeña recuperación por parte del sujeto. Esta diferencia en la obtención de las medidas podría ser la causa de la diferencia entre los resultados de ambos estudios. Hay que destacar también, los diferentes test físicos utilizados, ya que en uno se midieron las repeticiones hasta el fallo en sentadilla y press

banca y posteriormente un test de Wingate (Woolf, K. et al. 2008), mientras que en otro se realizó una prueba incremental en cinta rodante hasta el agotamiento (Salicio, V. M. M. et al. 2016).

Finalmente, en cuanto a los parámetros que evalúan los niveles de fatiga mediante la escala de esfuerzo percibido (RPE), los resultados son contradictorios. Mientras que con una dosis de 5 o 6 mg/kg de cafeína 1 hora antes de los diferentes ejercicios de fuerza se encontró que la puntuación RPE era menor (Duncan, M. J. et al. 2013; Grgic, J. et al. 2017), lo que indica que los sujetos percibieron la sesión con una menor fatiga, en otros estudios se observó que con una dosis de 3 o 6 mg/kg 45 minutos antes de los ejercicios de fuerza, el RPE percibido aumentaba o se mantenía respectivamente (Tamilio, R. A. et al. 2022; Ferreira, L. H. B. et al. 2022). Estos resultados observados, a pesar de unas dosis de cafeína semejantes, pudieron deberse al tiempo entre la toma de la suplementación y la ejecución de la prueba, puesto que se observa una diferencia de 15 minutos entre protocolos y también la dosis empleada. La cafeína tiene efecto a los pocos minutos de su ingestión, pero su pico máximo de acción se encuentra en torno a los 60 minutos (Delahunty, T., & Schoendorfer, D. 1998). Se sugiere que, a mayor dosis, el RPE percibido sería menor, aunque se necesitan más datos para confirmar esta relación. Finalmente, en relación a los parámetros de estrés y motivación se observa que con dosis elevadas estos se ven incrementados, pero el número de estudios que han medido estas variables son escasos.

## 5. Propuesta de intervención

Con la presente revisión sistemática, se propone una intervención con cafeína para aumentar la masa muscular. Sin embargo, existen contradicciones y limitaciones en los resultados. Algunos estudios han encontrado beneficios en la suplementación con cafeína, pero no se han confirmado en otros estudios.

Parece ser que con una dosis de 800 mg de cafeína se observa un aumento en los niveles de testosterona, pero también un aumento en el cortisol al finalizar el ejercicio.

Además, con una dosis de 3 y 6 mg/kg de cafeína el número de repeticiones puede ser mayor, pero sin implicaciones en el aumento de la fuerza, pero esto parece depender del tipo de ejercicio y la musculatura implicada.

Por último, en relación a los parámetros de fatiga, es posible que con suficiente tiempo de ingesta de la cafeína antes del ejercicio (1h), el RPE percibido sea menor con una dosis de 5 y 6 mg/kg de cafeína.

Por tanto, la suplementación con cafeína no ha demostrado un efecto claro en el aumento de la masa muscular, y se hace necesario más investigación sobre este suplemento en el contexto del entrenamiento anaeróbico. La mayoría de los estudios poseen una muestra de sujetos pequeña y se deberían realizar estudios con una muestra más representativa. Además, respecto a la dosis coinciden que se deberían realizar estudios con dosis establecidas en mg/kg para que cada sujeto tuviera una dosis adecuada a su peso corporal evitando dosis generales para todos los participantes.

## Bibliografía

-Astorino, T. A., & Roberson, D. W. (2010). Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. *Journal of strength and conditioning research*, 24(1), 257–265. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c1f88a>

-Astorino, T. A., Martin, B. J., Schachtsiek, L., Wong, K., & Ng, K. (2011). Minimal effect of acute caffeine ingestion on intense resistance training performance. *Journal of strength and conditioning research*, 25(6), 1752–1758. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddf6db>

-Beaven, C. M., Hopkins, W. G., Hansen, K. T., Wood, M. R., Cronin, J. B., & Lowe, T. E. (2008). Dose effect of caffeine on testosterone and cortisol responses to resistance exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 18(2), 131–141. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.18.2.131>

-Blasco Redondo, R. (2016). [revisión] Las ayudas ergogénicas nutricionales en el ámbito deportivo. Primera parte. Aspectos generales. <https://doi.org/10.7400/NCM.2016.10.2.5038>

-Bompa, T. O. y Cornacchia, L. J. (2002). *Musculación, entrenamiento avanzado: periodización para conseguir fuerza y masa muscular: programas, rutinas y dietas*. Barcelona: Hispano Europea.

-Burke, B. I., Travis, S. K., Gentles, J. A., Sato, K., Lang, H. M., & Bazylar, C. D. (2021). The Effects of Caffeine on Jumping Performance and Maximal Strength in Female Collegiate Athletes. *Nutrients*, 13(8), 2496. <https://doi.org/10.3390/nu13082496>

-Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of sports sciences*, 29 Suppl 1, S17–S27. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>

-Chen, J. F., Lee, C. F., & Chern, Y. (2014). Adenosine receptor neurobiology: overview. *International review of neurobiology*, 119, 1–49. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801022-8.00001-5>

-Delahunty, T., & Schoendorfer, D. (1998). Caffeine demethylation monitoring using a transdermal sweat patch. *Journal of analytical toxicology*, 22(7), 596–600. <https://doi.org/10.1093/jat/22.7.59>

-Desbrow, B., Hall, S., O'Connor, H., Slater, G., Barnes, K., & Grant, G. (2019). Caffeine content of pre-workout supplements commonly used by Australian consumers. *Drug testing and analysis*, 11(3), 523–529. <https://doi.org/10.1002/dta.2501>

-Duncan, M. J., Stanley, M., Parkhouse, N., Cook, K., & Smith, M. (2013). Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise. *European journal of sport science*, 13(4), 392–399. <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.635811>

-Ferreira, L. H. B., Forbes, S. C., Barros, M. P., Smolarek, A. C., Enes, A., Lancha-Junior, A. H., Martins, G. L., & Souza-Junior, T. P. (2022). High Doses of Caffeine Increase Muscle Strength and Calcium Release in the Plasma of Recreationally Trained Men. *Nutrients*, 14(22), 4921. <https://doi.org/10.3390/nu14224921>

-Fogaça, L. J., Santos, S. L., Soares, R. C., Gentil, P., Naves, J. P., Dos Santos, W. D., Pimentel, G. D., Bottaro, M., & Mota, J. F. (2020). Effect of caffeine supplementation on exercise performance, power, markers of muscle damage, and perceived exertion in trained CrossFit men: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover trial. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 60(2), 181–188. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.10043-6>

-Ganio, M. S., Klau, J. F., Casa, D. J., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2009). Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *Journal of strength and conditioning research*, 23(1), 315–324. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818b979a>

-Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., & Sundgot-Borgen, J. (2013). Effect of nutritional intervention on body composition and performance in elite athletes. *European journal of sport science*, 13(3), 295–303. <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.643923>

-Gil de Antuñano, N P; Marqueta PM ; Redondo R B , Bonafonte L F ; Aurrekoetxea T G ; González B M ; García JA V. Ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan ejercicio físico. Documento de consenso de la federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE).2012

-Goldstein, E. R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., Taylor, L., Willoughby, D., Stout, J., Graves, B. S., Wildman, R., Ivy, J. L., Spano, M., Smith, A. E., & Antonio, J. (2010). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-5>

-González-Badillo, J. J. G. & Gorostiaga, E. (2002). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo (Vol. 302). Madrid: Inde

-Grgic, J., & Mikulic, P. (2017). Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. *European journal of sport science*, 17(8), 1029–1036. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1330362>

-Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., Collins, R., Cooke, M., Davis, J. N., Galvan, E., Greenwood, M., Lowery, L. M., Wildman, R., Antonio, J., & Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>

-Lambert, C. P., & Flynn, M. G. (2002). Fatigue during high-intensity intermittent exercise: application to bodybuilding. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 32(8), 511–522. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232080-00003>

-Lim, C., Nunes, E. A., Currier, B. S., McLeod, J. C., Thomas, A. C. Q., & Phillips, S. M. (2022). An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy. *Medicine and science in sports and exercise*, 54(9), 1546–1559. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002929>

-López Laval, I., Marques-Jiménez, D., Velarde-Sotres, Á., Sitko, S., Calleja Gonzalez, J., & Mielgo-Ayuso, J. (2022). Effects of ergo-nutritional strategies on recovery in combat sports disciplines. Efectos de las estrategias ergo-nutricionales sobre la recuperación en las disciplinas de deportes de combate. *Nutricion hospitalaria*, 39(3), 652–662. <https://doi.org/10.20960/nh.03886>

-McLellan, T. M., Caldwell, J. A., & Lieberman, H. R. (2016). A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 71, 294–312. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.09.001>

-Petersen, A. M., & Pedersen, B. K. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 98(4), 1154–1162. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00164.2004>

-Poli, R. A., Miyagi, W. E., Nakamura, F. Y., & Zagatto, A. M. (2016). Caffeine Improved Time to Exhaustion But Did Not Change Alternative Maximal Accumulated Oxygen Deficit

Estimated During a Single Supramaximal Running Bout. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 26(6), 549–557. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0038>

-Polito, M. D., Grandolfi, K., & de Souza, D. B. (2019). Caffeine and resistance exercise: the effects of two caffeine doses and the influence of individual perception of caffeine. *European journal of sport science*, 19(10), 1342–1348. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1596166>

-Porrini, M., & Del Bo', C. (2016). Ergogenic Aids and Supplements. *Frontiers of hormone research*, 47, 128–152. <https://doi.org/10.1159/000445176>

-Rankin J. W. (2002). Weight loss and gain in athletes. *Current sports medicine reports*, 1(4), 208–213. <https://doi.org/10.1249/00149619-200208000-00004>

-Reggiani C. (2021). Caffeine as a tool to investigate sarcoplasmic reticulum and intracellular calcium dynamics in human skeletal muscles. *Journal of muscle research and cell motility*, 42(2), 281–289. <https://doi.org/10.1007/s10974-020-09574-7>

-Ruiz-Fernández, I., Valadés, D., Dominguez, R., Ferragut, C., & Pérez-López, A. (2023). Load and muscle group size influence the ergogenic effect of acute caffeine intake in muscular strength, power and endurance. *European journal of nutrition*, 62(4), 1783–1794. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03109-9>

-Salatto, R. W., Arevalo, J. A., Brown, L. E., Wiersma, L. D., & Coburn, J. W. (2020). Caffeine's Effects on an Upper-Body Resistance Exercise Workout. *Journal of strength and conditioning research*, 34(6), 1643–1648. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002697>

-Salicio, V. M. M., Fett, C. A., Salicio, M. A., Brandão, C. F. C. C. M., Stoppiglia, L. F., Fett, W. C. R., & Botelho, A. C. (2016). THE EFFECT OF CAFFEINE SUPPLEMENTATION ON TRAINED INDIVIDUALS SUBJECTED TO MAXIMAL TREADMILL TEST. *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines: AJTCAM*, 14(1), 16–23. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i1.3>

-Santesteban Moriones, V., & Ibáñez Santos, J. (2017). Ayudas ergogénicas en el deporte [Ergogenic aids in sport]. *Nutricion hospitalaria*, 34(1), 204–215. <https://doi.org/10.20960/nh.997>

-Serrano, A. L., Baeza-Raja, B., Perdiguero, E., Jardí, M., & Muñoz-Cánoves, P. (2008). Interleukin-6 is an essential regulator of satellite cell-mediated skeletal muscle hypertrophy. *Cell metabolism*, 7(1), 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2007.11.011>

-Slater, G., & Phillips, S. M. (2011). Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of sports sciences*, 29 Suppl 1, S67–S77. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.574722>

-Svartberg, J., Midtby, M., Bønaa, K. H., Sundsfjord, J., Joakimsen, R. M., & Jorde, R. (2003). The associations of age, lifestyle factors and chronic disease with testosterone in men: the Tromsø Study. *European journal of endocrinology*, 149(2), 145–152. <https://doi.org/10.1530/eje.0.1490145>

-Tamilio, R. A., Clarke, N. D., Duncan, M. J., Morris, R. O., & Tallis, J. (2022). How Repeatable Is the Ergogenic Effect of Caffeine? Limited Reproducibility of Acute Caffeine (3 mg.kg<sup>-1</sup>) Ingestion on Muscular Strength, Power, and Muscular Endurance. *Nutrients*, 14(20), 4416. <https://doi.org/10.3390/nu14204416>

-Tavares, C. M., & Sakata, R. K. (2012). Caféina para o tratamento de dor. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, 62(3), 394-401. <https://doi.org/10.1590/s0034-70942012000300011>

-Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Roelofs, E. J., Hirsch, K. R., & Mock, M. G. (2016). Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance. *European journal of sport science*, 16(6), 702–710. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1085097>

-Warren, G. L., Park, N. D., Maresca, R. D., McKibans, K. I., & Millard-Stafford, M. L. (2010). Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(7), 1375–1387. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181cabbd8>

-Woolf, K., Bidwell, W. K., & Carlson, A. G. (2008). The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 18(4), 412–429. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.18.4.412>



