

# **EFFECTO DE AYUDAS ERGOGÉNICAS NUTRICIONALES EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA: REVISIÓN SISTEMÁTICA**



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

**TITULACIÓN:** CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

**CURSO ACADÉMICO:** 2021-2022

**ALUMNO:** ÁLVARO GARCÍA ONAINDÍA

**TUTOR ACADÉMICO:** NÉSTOR VICENTE-SALAR

# ÍNDICE

<b>1.CONTEXTUALIZACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 DEFINICIÓN CONCEPTO DE FUERZA</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 DEFINICIÓN DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA (RESISTANCE TRAINING EN INGLÉS)</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 VÍAS DE DESARROLLO</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3.1 VÍAS DE DESARROLLO DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA POR VÍA NEURAL</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3.2 ENTRENAMIENTO DE FUERZA VÍA DE LA HIPERTROFIA</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 AYUDAS ERGOGÉNICAS NUTRICIONALES</b> .....	<b>4</b>
<b>TABLA 1</b> .....	<b>5</b>
<b>2. PROCEDIMIENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>TABLA 2</b> .....	<b>6</b>
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>7</b>
<b>TABLA 3</b> .....	<b>12</b>
<b>4. DISCUSIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1 EFECTO DE SUPLEMENTOS AMORTIGUADORES EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2 EFECTO DE LA CAFÉINA EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA</b> .....	<b>14</b>
<b>4.3 EFECTO DE LA CREATINA EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA</b> .....	<b>15</b>
<b>4.4 EFECTO DE LOS NITRATOS EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA</b> .....	<b>16</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>18</b>



## **1.CONTEXTUALIZACIÓN**

### **1.1 DEFINICIÓN CONCEPTO DE FUERZA**

El concepto de fuerza en el mundo del deporte se entiende como la capacidad del músculo de activarse y generar tensión o lo que habitualmente se entiende por contracción. El nivel de fuerza estará íntimamente relacionado con el número de puentes cruzados de miosina que interactúan con los filamentos de actina (Goldspink, 1992).

Por otro lado, desde el punto de vista de la Física, la fuerza muscular sería la capacidad de la musculatura de provocar una aceleración o deformación de un cuerpo, mantenerlo inmóvil o frenar su desplazamiento. En el ámbito deportivo, esas resistencias a las que se opone la musculatura pueden ser el propio cuerpo del deportista u otras resistencias externas (González Badillo & Gorostiaga Ayestarán, 1997).

### **1.2 DEFINICIÓN DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA (RESISTANCE TRAINING en inglés)**

Dentro del entrenamiento de fuerza existen diversos métodos de trabajar la fuerza y en muchos casos existe cierta controversia en la literatura científica para determinar de forma clara cuál es el tipo de entrenamiento al que se hace mención (Pastor, 2019).

Esta revisión se centrará en el entrenamiento de fuerza cuya traducción en la literatura científica en inglés corresponde con el término "Resistance Training". Este tipo de entrenamiento se basa en un programa de entrenamiento a través de cargas/peso de forma progresiva, en el cual dicho ejercicio obliga al músculo a trabajar contra una fuerza o peso externo, que es lo que se conoce como el entrenamiento en salas de musculación, donde las pesas son la fuerza externa (Pastor, 2019).

### **1.3 VÍAS DE DESARROLLO**

#### **1.3.1 VÍAS DE DESARROLLO DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA POR VÍA NEURAL**

La ganancia de fuerza por vía neural proviene del entrenamiento del Sistema Nervioso Central (SNC) y al contrario que la vía de hipertrofia no persigue ningún tipo de fatiga física, muscular y neuronal. Se centrará en el trabajo neuromuscular, donde encontramos dos tipos de coordinación: intra e intermuscular, las cuáles conllevarán un aumento de la frecuencia de activación de las motoneuronas, un aumento del número de fibras reclutadas y la mejora en la coactivación muscular. La principal característica aplicada consistiría en el aumento de la frecuencia de entrenamiento y la reducción del tiempo de la sesión de trabajo. En referencia al tipo de entrenamiento se hablará de trabajos explosivos y/o pesados sin llegar al fallo muscular (Izquierdo & Aguado, 1999).

#### **1.3.2 ENTRENAMIENTO DE FUERZA VÍA DE LA HIPERTROFIA**

La capacidad que tiene la musculatura para producir niveles de fuerza depende de su sección transversal, del número de fibras musculares y de los puentes cruzados disponibles. Este aumento de la sección transversal puede ser provocado por dos tipos:

- Hipertrofia miofibrilar: es aquel tipo de hipertrofia que aumenta tanto en tamaño como número de las miofibrillas que componen la fibra muscular, provocando también un aumento de la fuerza muscular.
- Hipertrofia sarcoplasmática: cuando aumenta el sarcoplasma, sustancia semifluida que rodea las miofibrillas la cual en este caso no va acompañada de una mejora de la fuerza muscular. Para poder llevar a cabo esta hipertrofia muscular hay que tener en cuenta el total de proteínas degradadas durante el ejercicio y dicha degradación dependerá tanto del peso levantado (intensidad) y del trabajo mecánico (repeticiones). Para conseguir el máximo efecto posible, se debe realizar el trabajo con cargas intermedias y entorno a las 5-12 repeticiones con el máximo peso posible (González Badillo & Gorostiaga Ayestarán, 1997).

#### **1.4 AYUDAS ERGOGÉNICAS NUTRICIONALES**

El consumo de suplementos deportivos está en continuo crecimiento entre los practicantes de fitness, siendo de gran atracción sus posibles beneficios en cuanto a incrementos de rendimiento y una mejor recuperación en los entrenamientos. Además, el consumo de estos productos se ve incrementado por aquellos consumidores con estilos de vida activos que buscan aquellos beneficios relacionados con la mejora de energía y el control del peso (Sports Nutrition Market Size, Share Report, 2022–2030, 2022).

El término ergogénico se entiende como aquel medio para incrementar la producción de energía, así como el rendimiento. Por tanto, las ayudas ergogénicas nutricionales, se entienden como aquellas ingestas dirigidas a mantener y/o aumentar la capacidad motora, reduciendo las apariciones de la fatiga sin poner en riesgo la salud del propio deportista. (Blasco Redondo, 2016). Varias organizaciones como el Instituto Australiano del Deporte (AIS) o la Agencia Mundial Antidopaje (WADA) proponen una serie de clasificaciones de los suplementos deportivos en cuanto su eficacia y seguridad respectivamente.

Esta revisión se centrará exclusivamente en la clasificación propuesta por la AIS, la cual establece un sistema de clasificación 'ABCD'. Esta clasificación es una herramienta educativa sencilla que clasifica los suplementos de rendimiento en función de pruebas científicas basadas en la eficacia, seguridad y legalidad.

Concretamente la presente revisión se centrará en los suplementos de rendimiento del Grupo A, caracterizados por poseer una gran evidencia científica para su consumo en situaciones específicas y por ser permitido su uso dentro del contexto deportivo.

Resumen de la categoría de los suplementos deportivos	Sub-Categorías	Ejemplos
<p><b>Nivel de evidencia:</b> Evidencia científica sólida para su uso en situaciones específicas en el deporte utilizando protocolos basados en la evidencia</p> <p><b>Uso dentro de los programas de suplementos:</b> Se permite el uso por parte de atletas identificados de acuerdo con los protocolos.</p>	<p><b>Suplementos Nutricionales:</b> Productos especializados utilizados para proporcionar una fuente conveniente de nutrientes cuando no resulta práctico consumir alimentos cotidianos.</p> <p><b>Suplementos médicos:</b> utilizados para prevenir o tratar problemas clínicos, incluyendo diagnosticados déficits de nutrientes</p> <p>Deben utilizarse dentro de un plan más amplio bajo la dirección de un experto médico o deportista acreditado o dietista.</p> <p><b>Ayudas ergogénicas nutricionales:</b> Pueden mejorar el rendimiento deportivo. Se utilizan mejor con un protocolo individualizado y específico para cada evento con la orientación experta de un Dietista Deportivo Acreditado.</p>	<p>Bebidas energéticas Geles deportivos Confitería deportiva Suplementos de electrolitos Suplementos de proteínas aisladas Macronutrientes mixtos Suplemento (barra, polvo, comida líquida)</p> <p>Hierro Calcio Vitamina D Multivitaminas Probióticos Zinc</p> <p>Cafeína Beta-Alanina (BA) Bicarbonato de Sodio Jugo de remolacha/Nitratos Creatina Glicerol</p>

**Tabla 1. Resumen de suplementos deportivos catalogados en el grupo A por la AIS.**

Por lo tanto, el objetivo principal de la revisión sistematizada se centrará exclusivamente en cómo afectan dichas ayudas ergogénicas nutricionales de tipo A (Tabla 1) en el entrenamiento de fuerza medidas a través de prueba de repetición máxima (RM) y repeticiones hasta el agotamiento (RFT), centrado exclusivamente en el entrenamiento de levantamiento de pesas (en inglés; resistance training) en población adulta sana y familiarizados con el entrenamiento de fuerza.

## 2. PROCEDIMIENTO

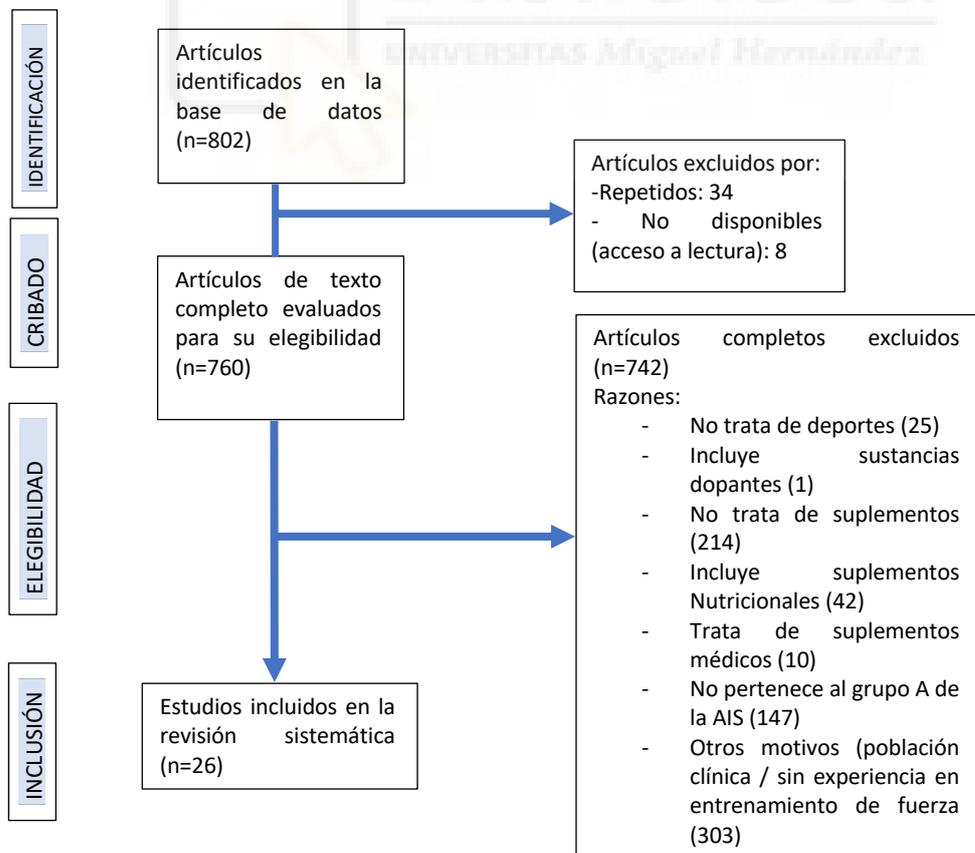
Para llevar a cabo la revisión bibliográfica únicamente se utilizó como base de datos: PubMed, empleando la estrategia de búsqueda indicada en la Tabla 2.

Caffeine		Resistance training
Beta-Alanine		Muscle strength
Nitrates	AND	Hypertrophy
Sodium Bicarbonate		
Glycerol		
Creatine		

**Tabla 2. Términos MeSH combinados utilizados en la búsqueda de estudios en la base de datos Pubmed.** <sup>1</sup>Ayudas ergogénicas nutricionales (NEAs siglas en inglés) incluidas en el grupo A del AIS.

La extracción de datos se llevó a cabo a través de la herramienta Microsoft Excel, en la cual se establecieron los siguientes criterios de exclusión:

1. Que no se basen en práctica deportiva, en este caso "Resistance Training".
2. Hagan alusión a sustancias dopantes
3. No fuesen suplementos catalogados como tipo A por la AIS
4. Que incluyan combinaciones con suplementos de proteínas o carbohidratos
5. Tratase de suplementos médicos
6. No estaban basados en suplementos
7. Otros motivos de exclusión, en los cuales se introdujeron aquellos que correspondían con el tipo de población objetivo (edad y patologías).



**Figura 1.** Diagrama de flujo de los artículos obtenidos y seleccionados según los ítems de selección para las Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA)

### 3. RESULTADOS

ESTUDIOS	AYUDA ERGOGÉNICA	DOSIS/TIEMPO	DURACIÓN	TIPO	PARTICIPANTES	EDAD (años)	PROTOCOLO EXPERIMENTAL	PRINCIPALES EFECTOS
Hoffman (2008)	Beta-Alanina	4'8g/día	4 semanas	Doble ciego cruzado	8 (Hombres)	19.7±1.5	Evaluación 1RM y 6 series 12 repeticiones (70%RM) en sentadilla	↔ RM ↑ RTF ↑ Volumen total entrenamiento
Bassinello (2018)	Beta-Alanina	6'4g/día	4 semanas	Doble ciego paralelo	20 (Hombres)	BA: 25.5±5.0 PLA: 24.0±3.0	Evaluación RTF (70%RM) en press banca y prensa de piernas	↔ RTF
Maté-Muñoz (2018)	Beta-Alanina	6'4g/día	5 semanas	Doble ciego paralelo	26 (Hombres)	21.85±1.6	Evaluación test incremental 1RM en sentadilla	↔ RM ↑ Número de series
Siegler (2018)	Bicarbonato de sodio	0'3g/kg Dividido en 3 dosis 90, 60 y 30 minutos pre-sesión	10 semanas	Doble ciego paralelo	8 (6 Hombres y 2 mujeres)	26.0±5.0	Evaluación 1RM en extensión cuádriceps unilateral	↔ RM
Carr (2012)	Bicarbonato de sodio	0'3g/kg Dividido en cuatro tomas. 80, 70, 60 y 50 min pretest	1 día	Doble ciego paralelo	12 (Hombres)	20.3±2.0	Evaluación 4 series de sentadilla prensa de piernas, extensión de rodilla al 70-75%RM y RTF	↑ Repeticiones totales ↔ RTF

							(50%RM) en extensión de rodilla	
Duncan (2014)	Bicarbonato de sodio	0'3g/kg 60 minutos pretest	1 día	Doble ciego paralelo	8 (Hombres)	20.0±0.9	Evaluación 3 series RTF (80%RM) en press banca y sentadilla	↑ RTF en sentadilla ↔ RTF en press banca
Trexler (2016)	Cafeína	300mg/30 min pretest	1 día	Doble ciego paralelo	54 (Hombres)	20.1±2.1	Evaluación del 1RM y RTF (80%RM) en press banca y prensa de piernas	↔ RM ↔ RTF
Grgic (2017)	Cafeína	6mg/kg/60 min pretest	1 día	Doble ciego cruzado	17 (Hombres)	26.0±6.0	Evaluación 1RM y RTF (60%RM) en press banca y sentadilla trasera	↑ RM en sentadilla ↓ RPE en sentadilla
Pakulak (2021)	Cafeína	3mg/kg 60 min pre-ejercicio	4 días/s durante 6 semanas	Doble ciego paralelo	12 (7 Hombres y 5 Mujeres)	CAF: 19 (1) PLA: 23 (7)	Evaluación 1RM y RTF (50%RM) y RPE en prensa de piernas y prensa de pecho.	↔ RM ↔ RTF ↔ RPE
Giráldez-Costas (2020)	Cafeína	3mg/kg 60 minutos pre-sesión	4 semanas 3 sesiones por semana (efecto crónico)	Doble ciego paralelo	16 (12 hombres y 4 mujeres)	27.9±7.2 años	Evaluación test incremental RM (10-100%RM) en press banca	↔ RM ↑ Velocidad máxima ↑ Velocidad media ↑ Potencia máxima

								↑ Potencia media
Salatto (2020)	Cafeína	800 mg (9'2±1'3mg/kg) 60 min pretest	1 día	Doble ciego cruzado	15 (Hombres)	23.1±1.9	Evaluación RTF (80%RM) en press banca plano, press banca inclinado y press banca con mancuernas.	↑ RTF en press banca con barra plano e inclinado ↓ RPE ↔ RTF press con mancuerna
Doederlein (2019)	Cafeína	3mg/kg 6 mg/kg 60 min pretest	2 días	Doble ciego cruzado	14 (Hombres)	24.7±6.8	Evaluación RTF (70%RM) en press pecho, press hombro y curl de bíceps	↑ RTF 3 y 6mg/kg
Tamilio (2021)	Cafeína	3mg/kg 60 minutos pre-sesión	14 días	Doble ciego paralelo	30 (Hombres)	CAF: 20,0±2.0 PLA: 19.0±2.0	Evaluación del 1RM y RTF en sentadilla, peso, muerto, press pecho, press hombro, "power clean" y "hang clean".	↔ RM ↑ RTF en press hombro, sentadilla, peso muerto y "hang clean". ↓ RPE en sentadilla y "hang clean"
Astorino (2011)	Cafeína	6mg/kg 60 min pretest	1 día	Doble ciego cruzado	14 (Hombres)	23.1±1.1	Evaluación RTF (80%RM) en press banca, press piernas, remo de piernas y press hombro	↑ RTF press de piernas ↑ Peso total levantado en prensa piernas (reps x kg) ↔ Tren superior
Duncan (2011)	Cafeína	5mg/kg	1 día	Doble ciego cruzado	11 (9 hombres y 2 mujeres)	26.4±6.4	Evaluación RTF (60%RM) en press	↑ RTF ↓ RPE

		60 minutos pretest					banca, peso muerto, remo y sentadilla	
Wilk (2019)	Cafeína	5 mg/kg/ 60 min pretest	2 días	Doble ciego cruzado	20 (Hombres)	25.7±2.2	Evaluación RTF (70%RM) en press banca	↔ RTF ↑ TUT
Fett (2018)	Cafeína	6mg/kg 30 min pretest	2 días	Doble ciego cruzado	8 (Mujeres)	25.0±5.0	Evaluación del 1RM en jalón al pecho, sentadilla jaca y press banca y RTF mediante técnica drop-set (100-80-60kg) en extensión de cuádriceps	↑ RM sentadilla y press banca ↑ RTF extensión cuádriceps
Filip-Stachnik (2021)	Cafeína	3mg/kg 6 mg/kg 60 min pretest	2 días	Doble ciego cruzado	21 (Mujeres)	23.0±0.9	Evaluación 1RM y RTF (50%) en press banca	↑ RM con 3 y 6mg (6mg > 3mg) ↑ TUT (6mg/kg) ↔ RTF
Feuerbacher (2021)	Creatina	0'3 g/kg/día	7 días	Doble ciego cruzado	11 (Hombres)	31.4±5.4	Evaluación 1RM, 3x10 (70%RM) y RTF (70%RM) en sentadilla	↔ RM ↑ RTF ↑ MPP en 3x10
Law (2009)	Creatina	20g/día	5 días	Doble ciego paralelo	17 (Hombres)	CRE: 23.11 (3.56) PLA:26.44 (3.90)	Evaluación 1RM en press banca y sentadilla	↑ RM en sentadilla
Becque (2000)	Creatina	Carga: 20g/día durante 5 días Mantenimiento: 2g/día	6 semanas	Doble ciego paralelo	23 (Hombres)	21.5±2.7	Evaluación 1RM en curl bíceps con barra	↑ RM

Mills (2020)	Creatina	0'1g/kg/día	6 semanas	Doble ciego paralelo	22 (13 hombres y 9 mujeres)	CRE: 26±4 PLA: 26±5	Evaluación 1RM y RTF (50%RM) en press banca y prensa de piernas	↑ RM en prensa piernas y press banca ↑ RTF en prensa piernas
Volek (2019)	Creatina	Carga: 25g/7días Mantenimiento 5g/día	24 días	Doble ciego paralelo	19 (Hombres)	CRE: 25'6±4'8 PLA: 25'4±5'9	Evaluación 1RM en press banca y sentadilla Evaluación RTF (80%RM) press banca	↑ RM en press banca y sentadilla ↔ RTF
Pakulak (2021)	Creatina	0'1g/kg/día	24 días	Doble ciego paralelo	13 (9 hombres y 4 mujeres)	CRE: 22(4) PLA: 23(7)	Evaluación 1RM y RTF (50%RM) en press banca y prensa de pierna	↔ RM ↔ RTF ↔ RPE
Pakulak (2021)	Cafeína + creatina	CAF: 3mg/kg 60 min pre-ejercicio CRE: 0'1mg/kg/día pre-ejercicio	24 días	Doble ciego paralelo	15 (10 hombres y 5 mujeres)	CRE + CAF: 22(4) PLA: 23(7)	Evaluación 1RM y RTF (50%RM) en press banca y prensa de pierna	↔ RM ↔ RTF ↔ RPE
Serrá-Paya (2021)	Nitrato	808mg 3 horas pretest	1 día	Doble ciego cruzado	11 (Hombres)	29.5±3.7	Evaluación 1: 90" "Wall shots" (10kg) + 60" sentadilla completa al 50% RM con recuperación de 3 minutos Evaluación 2: 90" "Wall shots" (10kg)	↑ Peso total levantando ↑ Pendiente VE-CO2 ↑ PetCO2

							+ 60" sentadilla completa al 50% RM sin recuperación	
Ranchal-Sánchez (2020)	Nitrato	400mg 120 minutos pretest	1 día	Doble ciego cruzado	12 (Hombres)	24.0±3.0	Evaluación RTF (60-70-80%RM) en press banca y sentadilla trasera	↑ RTF en sentadilla ↔ RTF press banca
Mosher (2016)	Nitrato	400mg/día	6 días	Doble ciego cruzado	12 (Hombres)	21.0±2.0	Evaluación RFT (60%RM) en press banca	↑ RTF ↑ Peso total levantado

**Tabla 3.** Incluye las ayudas ergogénicas nutricionales basadas en el entrenamiento de fuerza. CAF: cafeína; CRE: creatina; MMP (siglas en inglés): máximo pico de potencia; PLA: placebo; PetCO<sub>2</sub>: presión parcial de dióxido de carbono exhalado RM: repetición máxima; RTF (siglas en inglés): repeticiones hasta el fallo muscular; RPE (siglas en inglés): escala de esfuerzo subjetivo; TUT (siglas en inglés): tiempo bajo tensión muscular; VE-CO<sub>2</sub>: volumen espiratorio de dióxido de carbono.

En cuanto a la BA se han obtenido un total de tres estudios siguiendo los criterios de búsqueda establecidos. Respecto al tamaño muestral se ha recabado un total de 54 varones jóvenes, los cuáles ingirieron entre 4'8 y 6'4 g/día de BA durante un periodo de 4 a 5 semanas. Atendiendo a los datos obtenidos, Hoffman (2008) y Maté-Muñoz (2018) obtuvieron mejoras significativas relacionadas con el aumento de las RTF o el aumento del número de series totales ejecutadas junto con un protocolo basado en el ejercicio de sentadilla libre. Por el contrario, en los ejercicios de prensa de piernas y de press banca, no se observaron mejoras significativas en las RTF (Bassinello, 2018).

Respecto al bicarbonato de sodio se han obtenido un total de tres estudios. En este caso se obtuvieron un total de 28 participantes jóvenes de los cuales 26 fueron varones y dos fueron mujeres. Todas las investigaciones establecieron una dosis de 0'3 g/kg repartidos en diferentes tomas con el objetivo de evitar problemas gastrointestinales repartidas entre 90 y 50 minutos pre-test. El bicarbonato sódico no tiene influencia en las RTF, pero sí que provoca un aumento del número de repeticiones totales cuando se toma de forma aguda durante 1 día (Carr, 2012). Con un protocolo similar, las RTF en sentadilla mostraron una mejora significativa mientras que en press banca no se observaron efectos (Duncan, 2014). Finalmente, con la misma dosis, pero en un protocolo crónico (10 semanas) no se observan mejoras significativas en la RM de la extensión de cuádriceps (Siegler, 2018).

En cuanto a la cafeína, es el NEA con más estudios obtenidos con un total de doce. Se ha recabado un total de 232 participantes jóvenes, siendo 200 hombres y 32 mujeres. La dosis utilizada fue de 3 mg/kg – 9 mg/kg, 60 minutos pre-test, permitiendo las máximas concentraciones plasmáticas al inicio de la prueba (Graham, 2021), con la excepción del estudio de Trexler (2016) y Fett (2018) donde se consumió 30 minutos antes. Se observaron efectos significativos en la mejora de la variable RTF en los ejercicios de press banca con barra, press banca inclinado, press de hombro, curl de bíceps, peso muerto, hang clean, prensa de pierna y extensión de cuádriceps (Salatto, 2020; Doederlein, 2019; Tamilio, 2021; Astorino, 2011; Fett, 2018). Respecto a la variable RM se observan mejoras significativas, pero únicamente en los ejercicios de sentadilla y press de banca (Grgic, 2017; Fett, 2018; Fiip-Stachnik, 2021). También se observó la disminución significativa del RPE (Grgic, 2017; Salatto, 2020; Tamilio, 2021; Duncan, 2011).

Respecto a la creatina se han obtenido un total de seis artículos con un tamaño muestral de 105 participantes jóvenes, de los cuáles 101 fueron hombres y 13 mujeres. La ingesta tuvo un rango de 0'1 g/kg – 20 g/día y la duración fue de entre 5 días y 6 semanas, puesto que los beneficios que proporciona la creatina son a través de un efecto crónico. La suplementación con creatina provocó mejoras en la variable de RM en los ejercicios de sentadilla, curl de bíceps con barra, prensa de piernas y press de banca (Law, 2009; Becque, 2000; Mills, 2020; Volek, 2019). En cuanto a las RTF también se observaron mejoras en los ejercicios de sentadilla y prensa de piernas (Feuerbacher, 2021; Mills, 2020).

En relación al nitrato, se han recabado un total de tres estudios con un tamaño muestral de 35 varones jóvenes. Las dosis utilizadas fueron entre 400 mg y 808 mg, ingeridas en un periodo de 1 día a 6 días. El nitrato tuvo un papel significativo en cuanto al peso total levantado en el protocolo 1 en el ejercicio de sentadilla con recuperación y en las RTF en sentadilla (Serrá-Payá, 2021; Ranchal-Sánchez, 2020). Por otro lado, no se observa ningún efecto significativo en las RTF de press banca (Ranchal-Sánchez, 2020). Por último, no se observan mejoras significativas frente al grupo placebo en las RTF de press de banca ni en el peso total levantado (Mosher, 2016).

Respecto al glicerol, no se han obtenido resultados relacionados con el entrenamiento de fuerza conforme a los criterios de búsqueda.

## **4. DISCUSIÓN**

### **4.1 Efecto de suplementos amortiguadores en el entrenamiento de fuerza**

La BA es un aminoácido no esencial, el cual tiene un efecto positivo sobre el rendimiento atribuidos a su acción precursora de la carnosina intramuscular. La carnosina posee un papel importante en la regulación del pH muscular, actuando como amortiguador y así reduciendo una de las principales causas de fatiga durante el ejercicio intenso como es la acidosis (Artioli, 2010). Esta acidosis se produce cuando el exceso de hidrogeniones generado por la propia glucólisis es excesivo y se almacenan en el sarcoplasma (Ribas, 2010). Por otro lado, el bicarbonato de sodio es una molécula alcalinizante, la cual actúa como amortiguador de la acidez en el torrente sanguíneo, elevando el pH (Siegler, 2010).

La suplementación de 4'2 g/día y 6'4 g/día de BA durante 4-5 semanas no tiene efectos significativos sobre la RM en el ejercicio de sentadilla libre respecto al grupo placebo. Por el contrario, las RTF o el número de series totales ejecutadas en el test incremental aumentaron significativamente (Hoffman, 2008; Maté Muñoz, 2018), algo esperado si nos basamos en la evidencia que presenta este suplemento respecto a su capacidad ergogénica actuando como amortiguador del pH intramuscular. Por otro lado, no hubo efectos significativos en las RTF con una toma de 6'4g/día de BA durante el mismo periodo de tiempo (4 semanas), en los ejercicios de press de banca y prensa de piernas (Bassinello, 2018). Estas diferencias pueden ser debidas por los diferentes protocolos de fuerza empleados y su influencia en el grado de acidosis generado por los mismos. Esto puede demostrar que la suplementación con BA puede tener un efecto ergogénico en ciertas pruebas de fuerza, pero no en todas.

La suplementación con 0'3 g/kg de bicarbonato de sodio repartidos en diferentes tomas pre-test para comprobar su efecto agudo, posee efecto en el número total de repeticiones realizadas durante un protocolo de entrenamiento enfocado a la hipertrofia muscular (Carr, 2012) y durante las RTF en sentadilla (Duncan, 2014). Cabe destacar que los efectos ergogénicos durante el protocolo de hipertrofia no fueron significativos hasta pasado el primer ejercicio (Carr, 2012). Por otro lado, estos beneficios se han observado en ejercicios en los cuáles está involucrado el tren inferior, pero no siendo así en el tren superior como se demuestra en las RTF en press banca (Duncan, 2014). Así mismo, no hubo efectos significativos en cuanto a la ingesta crónica de bicarbonato de sodio durante 10 semanas en la mejora de la RM en extensión de cuádriceps (Siegler, 2018).

### **4.2 Efecto de la cafeína en el entrenamiento de fuerza**

La cafeína es un alcaloide el cual bloquea los receptores específicos de adenosina, impidiendo la inhibición que ésta provoca sobre en el SNC. Por lo tanto, provoca una estimulación del SNC facilitando el reclutamiento de las fibras musculares durante las contracciones en el ejercicio (Giráldez-Costas, 2021). El momento de ingesta óptimo para aprovecharse de los beneficios sería de 60 minutos pre-test, momento en el cual se encuentra la máxima concentración a nivel plasmático (Graham, 2021).

Se ha observado que dosis de entre 3 mg/kg y 9 mg/kg 60 minutos pre-test son eficaces para beneficiarse de los efectos agudos que provoca la cafeína, a nivel de las RTF y de la RM (Grgic, 2017; Salatto, 2020; Doederlein, 2019; Tamilio, 2021; Astornino, 2011, Duncan, 2011; Fett,

2018), aunque también se han comprobado efectos positivos en otras variables como el RPE, disminuyendo la sensación de esfuerzo (Grgic, 2017; Salatto, 2020; Duncan, 2011; Tamilio, 2021) o el aumento de la velocidad de la barra en el ejercicio de press banca y el aumento del tiempo de trabajo bajo tensión (Giráldez-Costas, 2020; Wilk, 2019; Filip-Stachnik, 2021). Las discrepancias existentes entre los estudios que no observaron efectos sobre alguna de estas variables pueden deberse al momento de la ingesta como en el caso de Trexler (2016), ya que se tomó 30 minutos pre-test con una dosis baja (3 mg/kg). Cuando la dosis utilizada fue de 6mg/kg en un protocolo similar, se obtuvieron mejoras en la RM y las RTF (Fett 2018).

Otros motivos por los que se han observado resultados dispares pueden ser debido a cuestiones metodológicas, dosis empleada (3mg/kg) y al pequeño tamaño de la muestra (Pakulak, 2021), donde no se puede descartar la posibilidad de que el sexo haya influido en los resultados, puesto que las mujeres presentan diferencias metabólicas frente a los hombres debido a los cambios hormonales durante las diferentes fases del ciclo menstrual (Temple y Ziegler, 2011). También se observa que la ingesta de 5mg/kg 60 minutos pre-test no tuvo efectos sobre la RTF en press de banca, pudiendo ser explicado por la falta de evaluaciones acerca de la tolerancia a la cafeína por parte de los participantes (Wilk, 2019). Un aspecto por considerar podría ser la diferencia encontrada por Filip-Stachnik (2021), donde se compararon los efectos producidos por una dosis de 6 y 3mg/kg respectivamente, en la cual se observa una mejora significativa del grupo de 6mg/kg en la variable de la RM en el ejercicio de press banca, aunque recalcar que ambos grupos mejoraron significativamente frente al grupo placebo. Estos resultados pueden discrepar de los resultados obtenidos por Tamilio (2021), donde no se encontraron mejoras en la RM con una dosis de 3mg/kg, probablemente debido a cuestiones metodológicas en cuanto a la selección y número de ejercicios empleados. Este aspecto también contrasta con los resultados encontrados por Doerdelein (2019), donde sí que se encontraron mejoras significativas en las RTF en una serie de ejercicios donde incluía el press de banca a diferencia de Filip-Stachnik (2021), que en el mismo ejercicio no encontró ningún efecto. Puede que la discrepancia de los resultados sea ocasionada por la metodología, ya que Doederlein (2019) únicamente evaluó las RTF, a diferencia de Filip-Stachnik (2021), que evaluó también la RM donde se observó resultados significativamente mayores frente al placebo.

En definitiva, la ingesta de cafeína parece una estrategia viable para la mejora del rendimiento en el entrenamiento de fuerza, como consecuencia de la estimulación del SNC y con ello una mejora en el reclutamiento de fibras musculares.

### **4.3 Efecto de la creatina en el entrenamiento de fuerza**

La creatina es un compuesto nitrogenado que se encuentra de forma natural en nuestro cuerpo y es sintetizada por el hígado, páncreas y riñones. Esta se combina con el fosfato dando lugar a la fosfocreatina, la cual tiene una gran importancia en el metabolismo energético durante la contracción del músculo esquelético y la recuperación tras esfuerzos físicos de alta intensidad de entre unos 8-10 segundos de duración, debido a que es el responsable de la resíntesis de ATP (Carrillo, 2011).

La suplementación de 0'1 gr/kg/día hasta 20 gr/día de creatina desde 5 días a 6 semanas posee efectos significativos en la mejora de la RM en ejercicios de sentadilla, curl de bíceps, prensa de piernas, press banca y sentadilla (Law, 2019; Becque, 2000; Mills, 2020; Volek, 2019). Según los resultados obtenidos se observa que se requiere al menos más de dos días de suplementación con 20 g/día de creatina para lograr un aumento en la fuerza del tren inferior (Law, 2009). Estos resultados difieren con los obtenidos por Feuerbacher (2021), donde el tiempo de administración fue similar (7 días) y no se encontraron mejoras en la RM pudiendo deberse a

que la dosis ingerida fue inferior (0,3g/kg/día) frente a los 20g/día utilizados por Law (2009). También se observaron efectos positivos en las RTF en sentadilla y prensa de piernas. Estas mejoras observadas pueden deberse a parte de por el aumento de los niveles de PC intramuscular, al aumento de la liberación del Ca<sup>2+</sup> aumentando la velocidad del ciclo de los puentes cruzados de actina-miosina durante las contracciones musculares repetidas, provocando un aumento de la resistencia muscular. Además, la suplementación con creatina puede aumentar las reservas de glucógeno muscular (Feuerbacher, 2021; Mills, 2020). Por otro lado, los aumentos de la RM de press banca y sentadilla pueden ser ocasionados por el aumento en la masa libre de grasa y la hipertrofia de la fibra muscular, concretamente en las fibras tipo IIA. Las causas de la hipertrofia provocadas por la ingesta de creatina son causadas por un incremento del contenido de volumen de fluido intracelular. La razón de este aumento es debido a la elevada carga osmótica junto con el aumento de la concentración de Cr en el interior de la célula (Bemben & Lamont, 2005). Respecto a las RTF no se observan cambios significativos a diferencia de los estudios de Feuerbacher (2021) y Mills (2020), donde utilizaron un % de la RM distinta (70 % y 50% respectivamente) a diferencia del utilizado por Volek (2019) donde se utilizó una intensidad superior del 80% de la RM.

En definitiva, la suplementación con creatina parece tener un efecto ergogénico en el entrenamiento de fuerza en cuanto al aumento de los depósitos de PCr intramuscular, la homeostasis del Ca<sup>2+</sup> y la hidratación e incremento del volumen celular lo que provoca la hipertrofia muscular.

#### **4.4 Efecto de los nitratos en el entrenamiento de fuerza**

Los nitratos se encuentran naturalmente presentes en forma de nitrato inorgánico (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en ciertos alimentos como los vegetales de hoja verde, la remolacha, ciertas frutas y procesados cárnicos. Éste, al ser ingerido, se convierte en nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) por la acción de la enzima nitrato reductasa en condiciones de baja disponibilidad de oxígeno o acidosis y convirtiéndose en óxido nítrico, el cual posee una función vasodilatadora y siendo el responsable de la mejora en el rendimiento deportivo (Lundberg, 2010).

En la presente revisión la fuente de nitrato se obtuvo del jugo de remolacha. La suplementación de 808mg de jugo de remolacha 3 horas pre-test posee efectos positivos, ya que mejora el peso total levantado en el ejercicio de sentadilla durante el primer protocolo del test, así como el VE-CO<sub>2</sub> y la PetCO<sub>2</sub>. El aumento del óxido nítrico en la pendiente VE-CO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub>, puede verse inducido cuando las condiciones aeróbicas se recuperan gradualmente durante el descanso, por lo que es probable que un descanso después del ejercicio de fuerza agudo tenga un papel clave en la conversión del nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y por último su conversión en óxido nítrico (NO) durante el ejercicio anaeróbico con baja disponibilidad de oxígeno, potenciando su efecto vasodilatador a nivel pulmonar (Serrá-Payá, 2021). Por otro lado, con una ingesta de 400mg de jugo de remolacha 120 minutos pre-test se observaron mejoras en las RTF en el ejercicio de sentadilla no siendo de igual manera en el press de banca, esto puede deberse a diversos factores como que se realizó después de la sentadilla pudiendo haber sido afectado por la fatiga neuromuscular (Ranchal-Sánchez, 2020). Otros motivos pueden deberse a una capacidad limitada para el reclutamiento de unidades motoras en músculos más pequeños, además de que la sentadilla al tratarse de un ejercicio con mayor implicación de varios grupos musculares requiere un mayor esfuerzo cardiovascular (Vanhatalo, 2011). Estos resultados difieren con los resultados obtenidos por Mosher (2016), donde se encuentran efectos significativos con una ingesta similar (400mg) en las RTF y el peso total levantado en press de banca., esto puede deberse a que sólo se utilizó el ejercicio de press banca como protocolo, provocando un mayor rendimiento esperado a través de las reservas de PC, reduciendo la degradación de la misma y

una disminución en la producción de difosfatos de adenosina y fosfatos inorgánicos, consideramos metabolitos relacionados con la fatiga muscular (Mosher, 2016).

En definitiva, a pesar de la pequeña muestra obtenida parece viable la ingesta de nitratos para la mejora del rendimiento en cuanto al entrenamiento basado en la fuerza-resistencia aumentando el número de repeticiones en el protocolo de las RTF.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. 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>
2. Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. INDE.
3. Bassinello, D., de Salles Painelli, V., Dolan, E., Lixandrão, M., Cajueiro, M., de Capitani, M., Saunders, B., Sale, C., Artioli, G. G., Gualano, B., & Roschel, H. (2018). Beta-alanine supplementation improves isometric, but not isotonic or isokinetic strength endurance in recreationally strength-trained young men. *Amino Acids*, 51(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2593-8>
4. Becque, M. D., Lochmann, J. D., & Melrose, D. R. (2000). Effects of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(3), 654–658. <https://doi.org/10.1097/00005768-200003000-00016>
5. Bemben, M. G., & Lamont, H. S. (2005). Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(2), 107–125. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535020-00002>
6. 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>
7. Bonilla O, D. A. (2013). Principios metabólicos de los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento deportivo. *PubliCE*, 0. <https://g-se.com/principios-metabolicos-de-los-efectos-de-la-suplementacion-con-creatina-sobre-el-rendimiento-deportivo-1601-sa-057cfb27234171>
8. Burke, D. G., Silver, S., Holt, L. E., Smith-Palmer, T., Culligan, C. J., & Chilibeck, P. D. (2000). The Effect of Continuous Low Dose Creatine Supplementation on Force, Power, and Total Work. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 10(3), 235–244. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.10.3.235>
9. Carr, B. M., Webster, M. J., Boyd, J. C., Hudson, G. M., & Scheett, T. P. (2012). Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 113(3), 743–752. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2484-8>
10. Carrillo, P., & Gilli, M. V. (2011). Los efectos que produce la creatina en el rendimiento deportivo. *Los efectos que produce la creatina en el rendimiento deportivo*, 26, 101–105. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4223391>
11. 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>
12. Duncan, M. J., Weldon, A., & Price, M. J. (2014). The Effect of Sodium Bicarbonate Ingestion on Back Squat and Bench Press Exercise to Failure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1358–1366. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000277>
13. Fett, C. A., Aquino, N. M., Schantz Junior, J., Brandão, C. F., de Araújo Cavalcanti, J. D., & Fett, W. C. (2018). Performance of muscle strength and fatigue tolerance in young trained women supplemented with caffeine. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(3). <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.06615-4>

14. Feuerbacher, J. F., von Schöning, V., Melcher, J., Notbohm, H. L., Freitag, N., & Schumann, M. (2021). Short-Term Creatine Loading Improves Total Work and Repetitions to Failure but Not Load–Velocity Characteristics in Strength-Trained Men. *Nutrients*, 13(3), 826. <https://doi.org/10.3390/nu13030826>
15. Filip-Stachnik, A., Wilk, M., Krzysztofik, M., Lulińska, E., Tufano, J. J., Zajac, A., Stastny, P., & del Coso, J. (2021). The effects of different doses of caffeine on maximal strength and strength-endurance in women habituated to caffeine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00421-9>
16. Giráldez-Costas, V., González-García, J., Lara, B., Coso, J. D., Wilk, M., & Salinero, J. J. (2020). Caffeine Increases Muscle Performance During a Bench Press Training Session. *Journal of Human Kinetics*, 74(1), 185–193. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0024>
17. Giráldez-Costas, V., Ruíz-Moreno, C., González-García, J., Lara, B., del Coso, J., & Salinero, J. J. (2021). Pre-exercise Caffeine Intake Enhances Bench Press Strength Training Adaptations. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.622564>
18. Goldspink, G.: Cellular and Molecular Aspects of Adaptation in Skeletal Muscle. En:
19. González Badillo, J. J., & Gorostiaga Ayestarán, E. (1997). *Fundamentos del entrenamiento de fuerza*. INDE.
20. 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>
21. Hoffman, J., Ratamess, N., Ross, R., Kang, J., Magrelli, J., Neese, K., Faigenbaum, A., & Wise, J. (2008).  $\beta$ -Alanine and the Hormonal Response to Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 29(12), 952–958. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038678>
22. Izquierdo, M., & Aguado, X. (1999). Adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza en hombres de diferentes edades. *Apuns. Rendimiento y entrenamiento*, Núm.55, 20–26.
23. Law, Y. L. L., Ong, W. S., GillianYap, T. L., Lim, S. C. J., & Chia, E. V. (2009). Effects of Two and Five Days of Creatine Loading on Muscular Strength and Anaerobic Power in Trained Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 906–914. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181a06c59>
- London, 211-229, 1992.
24. Lundberg, J. O., & Weitzberg, E. (2010). NO-synthase independent NO generation in mammals. *Biochemical and biophysical research communications*, 396(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2010.02.136>
25. Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Garnacho-Castaño, M. V., Veiga-Herreros, P., Lozano-Estevan, M. D. C., García-Fernández, P., de Jesús, F., Guodemar-Pérez, J., San Juan, A. F., & Domínguez, R. (2018). Effects of  $\beta$ -alanine supplementation during a 5-week strength training program: a randomized, controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0224-0>
26. Mills, S., Candow, D. G., Forbes, S. C., Neary, J. P., Ormsbee, M. J., & Antonio, J. (2020). Effects of Creatine Supplementation during Resistance Training Sessions in Physically Active Young Adults. *Nutrients*, 12(6), 1880. <https://doi.org/10.3390/nu12061880>
27. Mosher, S. L., Sparks, S. A., Williams, E. L., Bentley, D. J., & Mc Naughton, L. R. (2016). Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement Improves Resistance Exercise Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(12), 3520–3524. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001437>
28. Pakulak, A., Candow, D. G., Totosty De Zepetnek, J., Forbes, S. C., & Basta, D. (2021). Effects of Creatine and Caffeine Supplementation During Resistance Training on Body Composition, Strength, Endurance, Rating of Perceived Exertion and Fatigue in Trained Young Adults. *Journal of Dietary Supplements*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/19390211.2021.1904085>

29. Pastor, D. (2019). Traducción correcta del término “Resistance Training” al español. *Gerokomos*, 30(4), 190–191. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1134-928X2019000400190](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2019000400190)
30. 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>
31. Ranchal-Sanchez, A., Diaz-Bernier, V. M., de la Florida-Villagran, C. A., Llorente-Cantarero, F. J., Campos-Perez, J., & Jurado-Castro, J. M. (2020). Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. *Nutrients*, 12(7), 1912. <https://doi.org/10.3390/nu12071912>
32. Ribas, J. (2010). Lactato: De indeseable a valioso metabolito. 137, 211–230
33. 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>
34. Serra-Payá, N., Garnacho-Castaño, M. V., Sánchez-Nuño, S., Albesa-Albiol, L., Girabent-Farrés, M., Moizé Arcone, L., Fernández, A. P., García-Fresneda, A., Castizo-Olier, J., Viñals, X., Molina-Raya, L., & Gomis Bataller, M. (2021). The Relationship between Resistance Exercise Performance and Ventilatory Efficiency after Beetroot Juice Intake in Well-Trained Athletes. *Nutrients*, 13(4), 1094. <https://doi.org/10.3390/nu13041094>
35. Siegler, J. C., Marshall, P. W. M., Finn, H., Cross, R., & Mudie, K. (2018). Acute attenuation of fatigue after sodium bicarbonate supplementation does not manifest into greater training adaptations after 10-weeks of resistance training exercise. *PLOS ONE*, 13(5), e0196677. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196677>
36. Sports nutrition market size, share report, 2022-2030. (s/f). Grandviewresearch.Com. Recuperado el 2 de mayo de 2022, de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/sports-nutrition-market>
37. Sports Nutrition Market Size, Share Report, 2022–2030. (2022). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/sports-nutrition-market>
38. Tamilio, R. A., Clarke, N. D., Duncan, M. J., Morris, R., Grgic, J., & Tallis, J. (2021). Can 3 mg·kg<sup>-1</sup> of Caffeine Be Used as An Effective Nutritional Supplement to Enhance the Effects of Resistance Training in Rugby Union Players? *Nutrients*, 13(10), 3367. <https://doi.org/10.3390/nu13103367>
39. Temple, JL & Ziegler, AM. (2011). Las diferencias de género en las respuestas subjetivas y fisiológicas a la cafeína y el papel de las hormonas esteroides. *J Caffeine Res* 1 (1):41-48. <https://doi.org/10.1089/jcr.2011.0005>
40. Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Roelofs, E. J., Hirsch, K. R., & Mock, M. G. (2015). 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>
41. Vanhatalo, A.; Fulford, J.; Bailey, SJ; Blackwell, JR; Winyard, PG; Jones, A. (2009). El nitrato dietético reduce la perturbación metabólica muscular y mejora la tolerancia al ejercicio en hipoxia. *J. Physiol.* 2011, 589, 5517–5528, doi:10.1113/jphysiol.2011.216341.
42. Volek, J. S., Duncan, N. D., Mazzetti, S. A., Staron, R. S., Putukian, M., Gomez, A. L., Pearson, D. R., Fink, W. J., & Kraemer R, W. J. (1999). Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(8), 1147–1156. <https://doi.org/10.1097/00005768-199908000-00011>
43. Wilk, M., Krzysztofik, M., Maszczyk, A., Chycki, J., & Zajac, A. (2019). The acute effects of caffeine intake on time under tension and power generated during the bench press

movement. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 16(1).  
<https://doi.org/10.1186/s12970-019-0275-x>

