



LA CAFEÍNA. AYUDA ERGOGÉNICA EN EL CAMPO DE LA SUPLEMENTACIÓN NUTRICIONAL DEPORTIVA

Autora: María de las Nieves Fernández Mata

Tutora: Dra. Raquel Blasco Redondo

TFG en Nutrición Humana y Dietética

Curso académico: 2015/2016

Índice

ABREVIATURAS:	
ÍNDICE DE TABLAS	
1. Resumen	1
2. Metodología	1
3. Justificación del trabajo	2
4. Objetivos	2
5. Introducción	2
5.1 Farmacocinética y farmacodinamia	4
6. Efectos de la cafeína en los distintos sistemas corporales	5
7. Deporte. Relación con la salud, conceptos e importancia de la ayuda ergogénica	8
7.1 Deporte y salud.....	8
7.2 Conceptos a tener en cuenta.....	8
7.3 Importancia de la ayuda ergogénica en el deporte	13
8. Cafeína y rendimiento deportivo	15
8.1 Deportes en los que predominan los sistemas de entrenamiento anaeróbico	15
8.2 Deportes en los que predomina los sistemas aeróbico	17
8.3 Deportes en los que predominan los sistemas mixtos.....	19
9. Cafeína. Dosis y pautas posológicas para el uso clínico	20
9.1 Dosis	20
9.2 Indicaciones, contraindicaciones y efectos secundarios	21
10. La cafeína. Una importante sustancia en diferentes productos	23
10.1 Diferencia entre bebida energética y bebida de reposición	23
10.2 Etiquetado para los productos que contienen cafeína.....	25

10.3 Dosis de cafeína en diferentes bebidas	25
10.4 WADA /AMA programa de seguimiento antidopaje	26
11. Discusión	27
12. Conclusiones	29
13. Bibliografía	30

ABREVIATURAS:

- **SNC:** sistema nervioso central
- **EFSA:** Federación Española de Seguridad Alimentaria
- **JISSN:** Journal of International Society of Sports Nutrition
- **CO₂:** dióxido de carbono
- **Na:** sodio
- **H₂O:** agua
- **Ca:** calcio
- **CV:** cardiovascular/cardiovasculares
- **CHO:** hidratos de carbono
- **AG:** ácido graso
- **AMPc:** adenosin monofosfato cíclico
- **PTH:** hormona paratiroidea
- **ATP:** adenosin trifosfato
- **PCr:** fosocreatina
- **O₂:** oxígeno
- **RM:** resistencia muscular
- **RA:** resistencia aeróbica
- **HTA:** hipertensión arterial
- **FEMEDE:** Federación Española de Medicina del Deporte
- **AA:** aminoácido
- **Fe:** hierro
- **Mg:** magnesio
- **K:** potasio
- **FE:** fuerza explosiva
- **FEE:** fuerza explosiva- elástica
- **Vo₂ máx.:** volumen máximo de oxígeno
- **NDA:** Comisión Técnica de Productos Dietéticos, Nutrición y Alergias.
- **DSM-IV:** manual diagnóstico y estadístico de los trastorno mentales
- **IMAO:** inhibidores de la monoaminoxidasa
- **WADA:** World Anti-Doping Agency

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: cantidad de cafeína en diferentes productos	3
TABLA 2: Cambios en el metabolismo de la cafeína	4-5
TABLA 3: Productos dietéticos y sustancias más consumidas por los deportistas	14
TABLA 4: Contenido de CHO en 4 marcas conocidas de bebidas energética	24
TABLA 5: Contenido de cafeína en las bebidas energéticas	25-26

1. Resumen

La cafeína es una sustancia que se encuentra en numerosas bebidas consumida por el ser humano a diario y es parte de la rutina diaria de numerosos deportistas.

Hasta hace poco, no estaba muy claro el efecto beneficiosos que esta sustancia proporcionaba a los deportistas y hoy en día, tras numerosos estudios, se ha demostrado que es una ayuda ergogénica tanto en el ejercicio aeróbico (de larga duración) porque disminuye la percepción de fatiga y mejora el rendimiento deportivo, así como en el anaeróbico (intensos y de corta duración) porque sobre todo mejora la fuerza explosiva y fuerza explosiva-elástica. Además de estos beneficios en el deportista, se ha evidenciado que la cafeína, de forma general, ayuda a disminuir la sensación de cansancio, por ser estimulante del sistema nervioso central (SNC), mejora la concentración, la realización de actividades motrices como escribir, la contracción voluntaria de los músculos esqueléticos y ayuda a la movilización de las grasas del tejido adiposo.

Palabras claves: cafeína, ayuda ergogénica, ejercicio aeróbico, ejercicio anaeróbicos, fatiga, fuerza elástica, fuerza explosiva-elástica.

2. Metodología

Se realiza un estudio de búsqueda bibliográfica en la que se han utilizado diferentes documentos científicos, publicados por paneles de expertos como la Federación Española de Seguridad Alimentaria (EFSA) y la Journal of International Society of Sports Nutrition (JISSN), así como la utilización de documentos de consenso de la sociedad científica de nutrición en el deporte y de libros de interés.

Los criterios de inclusión utilizados en esta búsqueda son documentos con menos de 5 años de publicación, a excepción de documentos de consenso, publicaciones relevantes hasta la fecha y libros de interés. Además estos documentos deben estar relacionados con individuos sanos y que practiquen deporte.

Los criterios de exclusión utilizados en esta búsqueda son documentos de más de 5 años de publicación en relación a individuos con algún tipo de patología o que no realizan deporte.

3. Justificación del trabajo

La cafeína es una ayuda ergogénica utilizada en la suplementación nutricional y por ello, realizamos una revisión bibliográfica de la eficacia del uso de esta ayuda ergogénica nutricional, en los diferentes sistemas de entrenamiento que practica un deportista.

4. Objetivos

- Evaluar la eficacia de la cafeína como ayuda ergogénica en los deportes de predominio anaeróbicos.
- Examinar la eficacia de la cafeína como ayuda ergogénica en los deportes de predominio aeróbicos.
- Exponer la eficacia que tiene esta suplementación para disminuir la percepción de fatiga tanto central como periférica.

5. Introducción

La cafeína (1,3, 7, trimetilxantina) también denominada teína, guaranina o mateína, es un polvo incoloro, inodoro y amargo que pertenece al grupo de las metilxantinas (junto con la teofilina y la teobromina) que a su vez es un derivado del grupo de las xantinas. Fue aislada por primera vez en el café por Friedrich Ferdinand en 1819 y en el té en 1927 pero la estructura química, no se descubrió hasta 1975 por E. Fisher.

La cafeína es un constituyente natural presente en más de 60 especies de plantas cuya fuente más comúnmente usadas son el café, el té o el cacao. Además podemos encontrarla en refrescos o incluso, en algunos medicamentos en combinación con otros principios activos. Otras fuentes de cafeína usadas incluyen las plantas de hierba mate, guaraná, cola y el yoco. ⁽¹⁾

En el ámbito del deporte, la cafeína es una sustancia consumida de rutina por multitud de deportistas, aunque sus efectos no estaban muy claro, hoy en día sin embargo, podemos afirmar que la cafeína es un ayuda ergogénica en ejercicios prolongados de resistencia y en ejercicios intensos de corta duración. ⁽²⁾

A continuación podemos observar los diferentes tipos de alimentos que contiene cafeína con su dosis de ésta en un volumen determinado.

Tabla 1. Cantidad de cafeína en diferentes productos. Modificado de cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso y L. Burke nutrición en el deporte, un enfoque práctico. Editorial médica panamericana, 2010.

	Volumen/peso	Contenido cafeína (Rango)	Contenido cafeína (promedio)
Café			
Tostado	150ml	64-124mg	83mg
Instantáneo	150ml	40-108mg	59mg
Tostado descafeinado	150ml	2-5mg	3mg
Instantáneo descafeinado	150ml	2-8mg	4mg
Tostado de goteo	150ml	37-148mg	84mg
Todos los cafés excepto descafeinado	150ml	29-176mg	
Té			
Té	150ml	8-91mg	27mg
Bolsa de té	150ml	28-44mg	30mg
Hoja de té	150ml	30-48mg	41mg
Té instantáneo	150ml	24-31mg	28mg
Cacao			
Cacao africano o sudamericano	150ml		6mg
Cacao	150ml		42mg
Tableta chocolate	28g		20mg
Chocolate dulce	28g		3mg
Chocolate con leche	28g	1-15mg	6mg
Leche con chocolate	240ml	2-7mg	5mg
Chocolate a la taza	28g	18-118mg	60mg
Bebidas azucaradas			
Colas	180ml	15-35mg	
Colas light	180ml	13-35mg	
Bebidas energéticas/estimulantes			
Red bull	Lata de 250ml		80mg
Burn	100ml		32mg
Monster			
Productos comerciales			
Infisport ND3 cross up	Sobres de 34 g		65g
Red kick multipower	100ml		32mg
Guaraná shot multipower	600mg		150mg
Mate		25-150mg	

5.1 Farmacocinética y farmacodinamia

Tras su ingestión oral, la cafeína se absorbe rápida y completamente en el tubo digestivo sin sufrir un efecto significativo a nivel hepático. La concentración plasmática es máxima entre 30 y 120 minutos después de su ingestión. Esta concentración máxima, dependerá de la dosis, las características de la bebida (como su volumen, pH), la comida (si contiene grasa o no) con la que se ingiera y del propio tubo digestivo (vacío o no). La ingestión de cafeína a partir de diferentes productos dietéticos, produce unos niveles plasmáticos que oscilan entre 5 y 20 mM, niveles que son capaces de producir efectos farmacológicos en la mayoría de la población. La cafeína se distribuye con rapidez por todos los tejidos corporales y atraviesa con facilidad la placenta y la barrera hematoencefálica. Cerca de un 17% de la cafeína, se encuentra unido a las proteínas del plasma. La vida media plasmática puede durar en adultos, entre 3 a 4 horas tras su ingestión.

La cafeína se metaboliza en el hígado por una isoenzima del citocromo P-450 hepático. El primer paso del metabolismo de la cafeína, es la desmetilación a 1,7 dimetilxantina que son: la paraxantina, (representa alrededor del 75% del metabolismo de la cafeína), La teoblomina, (representa el 12%) y la teofilina (apenas un 4%). Estas dimetilxantinas, son farmacológicamente activas y pueden contribuir a los efectos de la cafeína. Estas dimetilxantinas, se metabolizan posteriormente por la citocromo p450 1A2 en monoxantinas que serán sustrato de la xantinaoxidasas para convertirlo en ácidos monometilúricos (ácido 1- metilúrico, 7-metilúrico). La excreción de la cafeína se realiza a través de la orina. El metabolismo de la cafeína se puede ver alterado por diferentes situaciones y uso de fármacos. A continuación, se muestra una tabla de los cambios metabólicos de la cafeína.

Tabla 2. Cambios en el metabolismo de la cafeína. Modificado de cafeína: un nutriente, un fármaco o una droga de abuso y tratado SET de trastornos adictivos. Editorial médica Panamericana, 2006.

Disminución del metabolismo			
Alteraciones hepáticas	Alcohol	Imipramina	Eritromicina
Últimos meses de embarazo	Anticonceptivos orales	Amitriptilina	Claritromicina
Obesidad	Antimicóticos	Cimetidina	Fenilpropanolamida
Género femenino	Antiarrítmicos	Psoralenos	Fluvoxamina
Zumo de pomelo	Antidepresivos	Alopurinol	Mexiletina
Neonatos	Antipsicóticos	Disulfiram	Metoxanteno
Dietas bajas en proteínas	Teofilina	Quinolonas	Terbinafina
			Riluzol

Inductor del metabolismo		
Fumar tabaco Fenitoína Barbitúricos Carbamacepina	Rifampicina Omeprazol Lansoprazol Griseofulvina	Carne carbonizada Algunos vegetales crucíferos (brócoli y coles de Bruselas) Bajo índice de masa corporal (IMC) Género masculino

La cafeína aumenta la absorción y biodisponibilidad de paracetamol, ácido acetilsalicílico y ergotamina. También disminuye la depuración de las teofilinas e inhibe de forma competitiva el metabolismo de la clozapina pudiendo aumentar sus concentraciones plasmáticas y la probabilidad de aparición de efectos adversos. (3, 4, 5,1)

6. Efectos de la cafeína en los distintos sistemas corporales

- En el sistema nervioso central: Tanto la cafeína como la teofilina son potentes estimulantes del SNC. Aumentan la capacidad intelectual sostenida, así como la habilidad motora. Una cantidad entre 100-200mg (1-2 tazas de café) produce una disminución de la fatiga y un aumento de la alerta mental gracias a la estimulación de la corteza y otras áreas cerebrales. Promueve un pensamiento claro y rápido. A dosis altas, 1,5g (12-15 tazas de café), produce ansiedad, temblores, nerviosismo, inquietud, insomnio. La medula espinal se estimula con dosis muy altas de cafeína (2-5g). Producen aumento del dióxido de carbono (CO₂), estimulación del centro respiratorio (sobre todo en estado patológico) y cuando la respiración está deprimida por drogas, (barbitúricos) también produce náuseas y vómitos.(6)
- En el aparato excretor: La cafeína induce un efecto de diuresis leve mediante un incremento del flujo sanguíneo renal y el índice de filtración glomerular, así como la reducción de la reabsorción tubular proximal renal de sodio (Na) y agua (H₂O). Sin embargo, este proceso no se produce durante el ejercicio porque el efecto de las catecolaminas, causan constricción en las arteriolas renales, reduciendo la tasa de filtración glomerular y en consecuencia, contrarresta el efecto de la cafeína. Por tanto, la leve diuresis se produce en reposo no durante el ejercicio.(4)

- En el sistema músculo-articular: La cafeína tiene un efecto directo aumentando la movilización de calcio (Ca) del retículo sarcoplásmico y la sensibilidad de los miofilamentos (por el Ca), lo que produce una mayor excitabilidad de las fibras musculares, mejorando los mecanismos de contracción, aumentando la potencia y retrasando la aparición de fatiga.

A nivel del músculo liso, posee efecto relajante generalizado, por lo que es un importante broncodilatador (6, 7)

- En el sistema cardiovascular (CV): Ejerce un efecto cronotrópico positivo sobre el nódulo sinoauricular, lo que determina un aumento transitorio de la frecuencia cardíaca, la fuerza de contracción, el volumen minuto cardíaco y el trabajo cardíaco. En dosis mayores de 250mg, los efectos vagales centrales pueden enmascarse por el aumento de la frecuencia sinusal y es factible observar taquicardia, extrasístoles u otras arritmias ventriculares. Ejerce un efecto inotrópico positivo sobre el miocardio.

La cafeína en cantidades normales induce vasoconstricción, presuntamente como consecuencia del bloqueo de los receptores para la adenosina localizados en el músculo liso vascular. En el sistema vascular periférico, induce un aumento de la resistencia vascular y un ligero incremento de la tensión arterial, que es probable que se deba al efecto sobre el músculo liso vascular y la liberación de catecolaminas. (4)

- En el sistema endocrino: A nivel del metabolismo, los primeros estudios realizados sobre los efectos de la cafeína en 1970 mostraron que la cafeína ingerida, antes de una sesión de ejercicio, eleva la tasa de oxidación de grasas así como el rendimiento. Por otra parte, tras estudios posteriores, se informó de un cambio en el metabolismo de los sustratos durante el ejercicio de hidratos de carbono (CHO) en grasas después de la ingesta de cafeína, que se acompañaba de un leve aumento en la concentración de ácidos grasos (AG) en plasma. La teoría desarrolla que la cafeína, movilizó las grasas y el glucógeno muscular mejorando el rendimiento deportivo. Más tarde, estos dos efectos se han dissociado el uno del otro. Sin embargo, se ha demostrado que la cafeína aumenta la actividad del sistema nervioso simpático, liberando los AG de los adipocitos y /o almacenes de grasa intramuscular. Este mecanismo, que se produce indirectamente a través del aumento de la adrenalina circulante, tiene el potencial de mejorar la

disponibilidad de AG para la oxidación. La cafeína tiene también asociado un efecto más directo sobre la lipólisis, ya que se sugiere que inhibe la fosfodiesterasa, enzima responsable de la degradación de adenosin monofosfato cíclico (AMPc,) y un aumento de la vida media de AMPc, aumenta la lipólisis aunque este efecto no está claro.

Otros estudios, demuestran que la cafeína provoca un efecto termogénico a corto plazo ya que encontraron que la administración de 8mg de cafeína, aumentaba significativamente la tasa metabólica en reposo 3h después de su ingestión. Curiosamente en la última hora de medición, la oxidación de las grasas fue significativamente mayor tras ingerir la cafeína. Además, dosis bajas de cafeína también pueden inducir a un efecto termogénico en reposo. Durante 150 min, la tasa metabólica en reposo se incrementó en un 3-4 % en individuos delgados y post-obesos y la tasa metabólica en reposo se incrementa (8-11%) cuando se repite la dosis. Se desconoce si este aumento se debió al aumento de la oxidación de grasas, de los HCO o ambos. Se observó una respuesta dependiente de la dosis lineal entre la ingestión de cafeína y el gasto de energía. Sin embargo, esto se atribuye a los aumentos de la misma cuantía en la oxidación de grasas y CHO, ya que el cociente respiratorio no difiere del placebo.

En un estudio de seguimiento, suplementaron con cafeína a paciente obesos que seguían una dieta hipocalórica durante 24 semanas. Con el tiempo, los individuos que consumían tanto cafeína como placebo perdieron peso. En ese mismo estudio, cuando se asociaba la cafeína con efedrina, la pérdida era significativamente mayor que en grupo placebo proporcionando efecto sobre la termogénesis y el peso corporal.

En resumen, en algunas circunstancias, la cafeína puede aumentar el gasto de energía en reposo o la oxidación de grasas tanto en reposo como durante el ejercicio de baja intensidad, pero durante ejercicios de moderada a alta intensidad, estos efectos son menos obvios. Además la cafeína por sí sola, no es eficaz en la reducción del peso corporal aunque si aumenta el metabolismo de la grasa pero los efectos son generalmente pequeños (menos del 20%).⁽⁸⁾

Respecto a los efectos hormonales, la cafeína aumenta la renina plasmática, la secreción de insulina dependiente de glucosa y de la hormona paratiroidea (PTH)

- En el aparato Digestivo: a este nivel, la acción de la cafeína es más potente que la teofilina. Estimulan la secreción de ácido, gastrina y pepsina. Además, potencian la acción de los secretagogos (histamina, colinérgicos, pentagastrina y alimentos). (6)

7. Deporte. Relación con la salud, conceptos e importancia de la ayuda ergogénica

7.1 Deporte y salud

La asociación entre el ejercicio físico y la mejora del estado de la salud ha estado presente durante muchas generaciones. Ya en la antigua China, India y Grecia, el ejercicio físico era, y aún es, usado como una forma de reforzar y limpiar la mente y el cuerpo. Hipócrates enseñó la importancia del ejercicio para “limpiar y nutrir el alma”. Paralelamente y con la misma importancia, se estableció la relación entre la inactividad física y la mala salud en un libro del médico italiano Ramazzini, “la enfermedad de los trabajadores (1713)” o en “formas de mantener la salud y prevenir la enfermedad (1806)” escrito por Ricketson.

Hacia finales del siglo XIX y a mediados del siglo XX, hubo un gradual interés por el rol terapéutico del ejercicio, pero no fue hasta después de la segunda Guerra Mundial, cuando se empezaron a realizar rigurosas investigaciones científicas que respaldaban la relación positiva entre la actividad física y la salud.(9)

7.2 Conceptos a tener en cuenta

7.2.1 Fatiga deportiva

Terrados y Fernández definen la fatiga como “la imposibilidad de generar una fuerza requerida o esperada, producida o no por un ejercicio precedente”.

No debemos confundir imposibilidad de mantener un régimen de trabajo con el cese de la actividad. Los mecanismos por los que se produce la fatiga son muy variados y estarán relacionados con el tipo de trabajo desarrollado y con el estímulo de la carga de entrenamiento. Se pueden establecer tres tipos de fatiga en función del tipo de aparición:

- Fatiga aguda: ocurre durante una sesión de entrenamiento o competición, observándose una pérdida de rendimiento por parte del deportista.

- Fatiga subaguda: también denominada sobrecarga. El sumatorio de las fatigas agudas que se producen a lo largo de varias sesiones de entrenamiento o semanas de trabajo con escasa recuperación.
- Fatiga crónica: cuando se produce un serio desequilibrio entre el entrenamiento y la recuperación y éste se mantiene en el tiempo. El organismo entra en un cuadro de fatiga en el que los procesos catabólicos superan con creces a los procesos anabólicos. Los síntomas no difieren mucho de los que aparecen en la fatiga subaguda.

Por tanto, esta situación de fatiga y recuperación debe ser gestionada, puesto que es necesario que se produzca fatiga aguda en nuestras sesiones de entrenamiento e incluso fatiga subaguda a lo largo de la semana de dicho entrenamiento y así adaptamos al organismo. ⁽¹⁰⁾

7.2.2 Entrenamiento de resistencia y fuerza ⁽¹⁰⁾

- Entrenamiento de fuerza: La fuerza se puede contemplar desde distintos puntos de vista.

Desde el punto de vista anatómico- estructural: distinguimos dos tipos de fuerza:

- a) Interna: la que se consigue por la acción de músculos, ligamentos y tendones y es la generada por el propio organismo.
- b) Externa: la generada en el organismo por la acción de un agente externo, como el efecto de la gravedad o la oposición de otro sujeto.

Desde el punto de vista funcional:

- a) Fuerza máxima: capacidad de generar el valor de fuerza más elevado que el sistema neuromuscular pueda conseguir en una contracción máxima voluntaria, generalmente a la primera repetición (denominada R₁.) También se le puede denominar fuerza absoluta.
- b) Fuerza explosiva: consiste en ser capaz de desarrollar la máxima fuerza posible, a la mayor velocidad y en el menor tiempo. Por tanto, es la capacidad de un sujeto de alcanzar o vencer una resistencia alcanzando la fuerza máxima en el menos tiempo posible.

- c) Fuerza explosiva- elástica: entra en juego los reflejos. Se caracteriza por una fase sin acortamiento muscular, es la primera fracción de la anterior. Se define como la máxima fuerza que se puede desarrollar en los primeros 100-250 ms.

Desde el punto de vista del entrenamiento: se denomina capacidad de fuerza. Aunque no podemos establecer una definición generalizada de fuerza, sin embargo, debemos conocer que es la capacidad intrínseca por excelencia del músculo. Diremos que “la fuerza muscular es la capacidad que tiene el ser humano para vencer una resistencia u oponerse a ella mediante la tensión de la musculatura”. Por tanto, la tensión muscular que genera un deportista debe servir para la realización correcta de su actividad física.

La fuerza es indispensable para la realización de cualquier tipo de ejercicio físico y toda acción deportiva se basa en la aplicación de distintas manifestaciones de fuerza, en mayor o en menor medida. Se debe tener en cuenta que la capacidad de fuerza, está relacionada con otras capacidades condicionales como la velocidad y la resistencia.

- Entrenamiento de resistencia: se puede definir como “capacidad psicofísica para resistir la fatiga y mantener una actividad (muscular, cognitiva o sensorial) sin que esta altere significativamente la calidad de la tarea u obligue a suspenderla definitivamente”. Resulta fundamental conocer en qué situación la resistencia es determinante del rendimiento. La capacidad de resistencia al esfuerzo es clave y determinante en la tolerancia a las cargas y volúmenes de trabajo del entrenamiento. Está influenciada por numerosos factores que, dependiendo de la duración y características del esfuerzo, determinaran el rendimiento. La capacidad de resistencia de un individuo es clave para el desarrollo de una serie de factores:
 - a) Capacidades fisiológicas del deportista: consiste en potencial y vencer las limitaciones de estas.
 - b) Gestionar de forma eficaz el potencial del deportista en la medida de lo posible.
 - c) La tolerancia al desequilibrio orgánico: va a permitir que se pueda incrementar la duración o intensidad del esfuerzo.

7.2.3 Vías metabólicas y su relación en las diferentes modalidades de deporte

- Vías metabólicas: el organismo solo es capaz de transformar la energía química derivada del metabolismo, en energía mecánica (contracción muscular) mediante la degradación de sustratos. Para esto, debemos de saber, cuales son los principales mecanismos de obtención de energía en el organismo y se definen a continuación:
 - a) Anaeróbico aláctico: se refiere al metabolismo de los llamados fosfatos de alta energía, en la que sus compuestos más relevantes son la adenosintrifosfato (ATP) y la fosocreatina (PCr). Proporcionan la energía necesaria, para la contracción muscular al inicio de la actividad y durante ejercicios explosivos (muy breves y de elevada intensidad). Su duración es de 6 a 10 seg.⁽¹¹⁾
 - b) Anaeróbico láctico: involucra a la glucosa o al glucógeno como sustratos energéticos. Estos, son degradado para la obtención de ATP sin la necesidad de utilización de oxígeno (O₂). En este caso, dará la energía suficiente para mantener el ejercicio desde pocos segundos hasta 1 minuto de duración.^(10,11)
 - c) Aeróbico u oxidativo: involucra a los HCO, a las grasas y en menor medida a las proteínas. Esta vía permite obtener ATP mediante la degradación con O₂. La necesidad de O₂, y la complejidad del metabolismo, son un factor determinante, entre otros, de que la vía aeróbica sea más lenta que las vías anaeróbicas. Esta vía nos permite hacer esfuerzo durante aproximadamente 1 hora.^(10,11)
- Modalidades de ejercicios: dependerá del mecanismo de obtención de energía, y lo clasificaremos en:
 - a) Anaeróbico o resistencia muscular (RM): También denominado ejercicio de potencia o fuerza. Se define como la capacidad que tienen nuestros músculos para ejecutar un trabajo manteniendo una contracción máxima durante un periodo determinado de tiempo o bien, moviendo una carga submáxima en forma continuada. ⁽¹²⁾

Se ha demostrado que los entrenamientos de fuerza pueden tener un impacto sobre la salud cardiorrespiratoria, especialmente sobre los

factores asociados con las enfermedades CV pues, la frecuencia cardiaca se disminuye (aunque no se ha demostrado con la frecuencia cardiaca en reposo). Además durante este tipo de entrenamiento, el corazón puede aumentar de tamaño (hipertrofiarse) en el tabique interventricular y en la pared ventricular izquierda pudiendo incrementar la contractibilidad del ventrículo izquierdo y aumentar el volumen sistólico. ⁽¹³⁾

Este tipo de entrenamiento, es crucial para disminuir la aparición de la sarcopenia (pérdida de masa muscular), mediante la estimulación de la hipertrofia, incrementando la masa muscular y la fuerza y mejorando la adaptación neuromuscular. Como resultado, se obtiene una mayor capacidad para realizar las actividades cotidianas, la prevención del deterioro funcional y la discapacidad.

En revisiones sistemáticas se han demostrado los beneficios del entrenamiento de fuerza en personas mayores pues aumenta la masa muscular, la potencia y la fuerza muscular. Además de mejorar parámetros objetivos del síndrome de fragilidad tales como la velocidad de marcha y el tiempo de levantarse en una silla. Además con el ejercicio de fuerza evitamos las caídas y el deterioro cognitivo.

⁽¹⁴⁾

- b) Aeróbico o resistencia aeróbica (RA): También denominado ejercicio de resistencia o de endurance, se define como la capacidad de resistencia a la fatiga durante actividades en la que la resíntesis de ATP se produce por medio del metabolismo aeróbico (en presencia de O₂).

Este tipo de modalidad, retrasar la fatiga, también aumentar la capacidad de soportar las cargas de trabajo de los entrenamientos, mejora la capacidad de recuperación entre esfuerzos, así como la estabilización de la técnica deportiva. La mejora de este, permite retrasar la aparición de fatiga durante la realización de ejercicio continuo de larga duración y durante la realización de esfuerzos repetidos de alta intensidad. ⁽⁹⁾

Son muchos los beneficios de este tipo de ejercicio y están relacionados con las diferentes adaptaciones fisiológicas que se dan

con respuesta a esta actividad. Entre estas adaptaciones destacamos la mayor utilización de AG, disminución de la resistencia vascular periférica, incremento del consumo de O₂ máximo. Ayuda a disminuir el riesgo de sufrir enfermedades CV tales como la hipertensión (HTA).

Con el entrenamiento de resistencia, se pretenden conseguir que los principales y diferentes sistemas corporales (cardiovasculares, respiratorios, músculo-esquelético, nerviosos y energéticos) se activen.

Un ejercicio regular y controlado, contribuye sin duda a un buen estado de los órganos y funciones vitales para la vida. ⁽¹⁵⁾

7.3 Importancia de la ayuda ergogénica en el deporte

Según la Federación Española de Medicina Deportiva (FEDEME) Se podría definir ayuda ergogénica como “cualquier maniobra o método con el fin de aumentar la capacidad para desempeñar un trabajo físico y mejorar el rendimiento”.

Día a día se observa un incremento del nivel de exigencia de las personas que realizan actividad física intensa. Los entrenamientos se individualizan, con los que su técnica se optimiza y se debe prestar atención a cada detalle ya que puede significar la diferencia para conseguir el objetivo prioritario de un deportista. En este contexto, además de una buena alimentación, debemos de tener en cuenta alimentos dietético (ayudas ergogénicas nutricional) destinados para mejor el rendimiento de los deportistas y que hoy en día están cobrando un mayor protagonismo. Son muchos los que hay en el mercado y además su número crece de forma vertiginosa. ⁽¹⁶⁾

Se han llegado a identificar hasta cinco categorías de ayudas ergogénicas: ⁽¹⁷⁾

- Mecánicas: Como zapatillas, mallas, cinturones.
- Psicológicas: Como la hipnosis o la psicoterapia
- Fisiológicas: Como el dopaje sanguíneo
- Farmacológicas: Como el N-acetil cisteína
- Nutricionales: Teniendo siempre presente que existen evidencias científicas de que son adecuadas.

Estas ayudas ergogénicas se pueden presentar como alimentos sólidos, bebidas y en forma concentrada y dosificada. A continuación podemos ver los diferentes los

productos dietéticos (ayudas ergogénicas) y sustancias más consumidas por los deportistas:

Tabla 3 Productos dietéticos y sustancias más consumidas por los deportistas. Ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan ejercicio físico. (FEMEDE)

Hidratos de carbono (CHO)	Proteínas, aminoácidos (AA) y otras sustancias nitrogenadas	Lípidos y sustancias relacionadas	Vitaminas	Minerales	Sustancias de origen vegetal	Sustancias de origen vegetal
Alimentos y bebidas especialmente diseñadas para deportistas con alto contenido en CHO	Suplementos de proteínas completas	Ácidos grasos omega 3 (Ω_3)	Vitamina B ₁₂	Hierro (Fe)	Cafeína Bioflavonoides Aceite de onagra Bromelina	
	AA ramificados	Ácido linoleico conjugado	Vitamina B ₆	Magnesio (Mg)	Valeriana	Bicarbonato y citrato sódico
	Arginina	Lecitina de soja	Ácido fólico	Zinc (Zn)	Gérmén de trigo	Ubiquinona o coenzima Q ₁₀
	Glutamina		Vitamina C	Cobre (Cu)	Alfalfa	Piruvato
	Triptófano		Biotina	Selenio (Se)	Ginseng	
	Ácido aspártico		Niacina			
	Creatina		Riboflavina	Cromo (Cr)	Crisina	Óxido nítrico
	Taurina		Tiamina	Boro (B),	Abrojo	Mucopolisacáridos
	β -hidroxi- β metilbutirato		Ácido pantoténico	Yodo (I),	Zarzaparrilla	Condroitin sulfato
	L-Carnitina		Vitamina A	Manganeso (Mn)	Gamma orinazol	
	N-acetil L-cisteína				Levadura de cerveza	Extractos glandulares
	Colina		Vitamina D	Potasio (K)	Eleuterococo	
	Dimetilglicina		Vitamina E	Sodio (Na)	Equinacea,	Polen
	Ácido pangámico		Vitamina K	Calcio (Ca)	Espirulina,	Jalea real
	Inosina			Fósforo (P)	Árnica.	Agua

La mayoría de las personas que consumen estos productos, buscan aumentar su rendimiento.

Lo que buscamos con las ayudas ergogénicas es un alimento dietético que vaya adaptado a un intenso desgaste muscular. Para ello la FEDEME, delimita claramente en que consiste las ayudas ergogénicas nutricionales

“Productos alimenticios cuyo fin sea complementar la dieta normal y consistirán en fuentes concentradas de nutrientes o de otras sustancias que tengan efectos nutricionales o fisiológicos, en forma simple o combinada, comercializados en forma dosificada, es decir cápsulas, pastillas, tabletas, píldoras y otras formas similares, bolsita de polvos, ampollas de líquidos, botellas con cuentagotas y otras formas que deben tomarse en pequeñas cantidades unitarias” ⁽¹⁶⁾

8. Cafeína y rendimiento deportivo

No existe un deporte en el que se realice un entrenamiento puramente aeróbico o anaeróbico. Por esta razón, cada deportista realizara un entrenamiento, (habitualmente mixto), aunque prestando más atención al componente de trabajo (aeróbico a anaeróbico) que le permita desarrollar de forma más específica el deporte que practica. Dependiendo de la actividad deportiva que realicen, necesitaran un tipo determinado de entrenamiento.

8.1 Deportes en los que predominan los sistemas de entrenamiento anaeróbico

Van a consistir en ejercicios de alta intensidad (mayor a 85%), contra una resistencia muy elevada durante cortos períodos de tiempo. Son utilizados principalmente para mejorar la potencia muscular, la fuerza muscular o la ganancia de masa muscular. Existe una gran cantidad y diversidad de deportes que utilizan la fuerza y la potencia como levantan el mayor peso posible (powerlifting) de una sola vez, lanzar un objeto tan lejos como se pueda, carreras de velocidad y de saltos o incluso, aunque no sea un deporte olímpico, los culturistas o fisioculturistas.

Existen evidencias científicas que la cafeína es una ayuda ergogénica en este tipo de deportes y en especial en aquellos que utilizan los componentes de fuerza explosiva (FE) y fuerza explosiva-elástica (FEE).

Culturismo:

También denominado fisioculturismo, se define como actividad basada en ejercicios físicos intensos para reducir la grasa corporal mientras incrementamos la masa muscular. Su popularidad va aumento rápidamente y se ha convertido en una autentico estilo de vida.

La cafeína es quizás el estimulante pre -entrenamiento más común consumido por los culturistas pero existe controversia en los estudios realizados. Hay que tener en cuenta que muchos de los estudios que encontraron aumentos significativos en el rendimiento del entrenamiento de la fuerza, la dosis de cafeína ascendía a 5-6 mg / kg. Por tanto, dosis entre 5-6 mg/kg tomada una hora antes del ejercicio es eficaz para mejorar el rendimiento deportivo, aunque debemos de tener precauciones con esta dosis, pues está al límite de la zona que se considera segura para la salud. ⁽¹⁸⁾

Deportes de fuerza y resistencia muscular:

Estudios realizados por Woolf y colaboradores, examinaron los efectos de 5 mg/kg en un equipo de atletas masculinos. El protocolo consistía en levantar peso con las piernas y el pecho (con 60 segundo de descanso en cada ejercicio) y un test. El resultado fue un aumento significativo del rendimiento en el levantamiento de pecho y en el pico máximo del test pero no se encontró mejora en el levantamiento de piernas, la potencia media, la potencia mínima. ⁽¹⁹⁾

Beck y otros, estudiaron los efectos de la suplementación de cafeína en fuerza, RM y capacidad anaeróbica de hombres entrenados que consumieron entre 2.1-3 mg /kg una hora antes de la prueba. Los sujetos fueron realizando una serie de pruebas que consistían en la realización de ejercicios de press banca y parte inferior del cuerpo (extensión bilateral de las piernas), fuerza, RM mediante repeticiones hasta su agotamiento al 80% en una repetición máxima y la realización de 2 test de Wingate separados por 4 minutos de descanso para medir pico máximo y potencia media. Esta dosis de cafeína, es eficaz para aumentar 1 repetición máxima en press banca pero no se encontraron mejoras en las pruebas de parte inferior del cuerpo ya sea en 1 repetición máxima o en RM. ⁽²⁰⁾

Estos resultados fueron contrastados por las publicaciones de Astorino y su equipo que estudiaron a 22 hombres entrenados, a los que les administraron 6mg/kg de cafeína. Estos hombres, efectuaban las pruebas de press banca y press de piernas. Los resultados no mostraron aumento significativo en las repeticiones ni en peso levantado al 60% en una repetición máxima en ninguna de las dos pruebas. ⁽²¹⁾

Es posible que el grado de intensificación entre estos dos protocolos sea un factor determinante para generar estos resultados.

Woolf y colaboradores, realizaron otro estudio en el que se le administraba 5 mg / kg de cafeína una hora antes de la prueba a atletas de fútbol. El resultado indico que no hay aumento significativo en el rendimiento de press banca. ⁽²²⁾

El efecto de la cafeína en el rendimiento anaeróbico es el más controvertido. Algunos autores aseguran que en ejercicios intensos que duran entre 15_s y 3_{min} y que dependen del metabolismo glucolítico para llevarse a cabo, la cafeína parece no ejercer ningún efecto positivo, debido al incremento de las concentraciones de lactato, que disminuyen el pH intracelular y reduce el incremento (23,24). Sin embargo, algunos estudios, indican una mejoría en la potencia, la velocidad y el tiempo, en el caso de nadadores y ciclistas. En este caso la cafeína actuaría directamente en la activación de la fuerza muscular y el aumento de la contracción mediante mecanismos directos al músculo. (25,26)

Las investigaciones sugieren que los suplementos de cafeína pueden ayudar en entrenamientos de fuerza y en atletas de potencia. Además la utilización de cafeína una hora antes del ejercicio, reduce la fatiga y favorece el aumento de la carga y el número de repeticiones.

8.2 Deportes en los que predomina los sistemas aeróbico

Aquellos tipos de ejercicios que implique la movilización de grandes grupos musculares realizados con una intensidad submáxima, marcado por el umbral aeróbico del individuo, (en condiciones normales hasta el 75-80%), volumen y la frecuencia necesaria, para producir adaptaciones que mejoren la resistencia aeróbica y por tanto disminuir, la aparición y percepción de fatiga. Existen numerosas actividades que utilizan este sistema aeróbico como andar, correr, bicicleta, nadar... entre otros.

Existen evidencias consistentes de los efectos ergogénicos de la cafeína en este tipo de entrenamiento. Según el consenso de la JISSN, existen varios métodos de aplicación de la cafeína como ayuda ergogénica. Uno de los estudios más reconocidos, publicados por Graham (27), demuestra los efectos de la cafeína en corredores (condicionados aeróbicamente), que desarrollan 5 rutinas al 85% del volumen máximo O₂ (Vo₂ máx.) después de recibir el siguiente tratamiento 60 minutos antes: cápsula de cafeína más H₂O, café, descafeinado, descafeinado más cafeína en cápsula y placebo. El resultado del estudio concluyó que la cafeína en cápsulas incrementa la capacidad de los corredores y por tanto, pueden correr entre 2-3 Km más que con los otros tratamientos. Además, proponen que otros componentes no identificados del café, hacen que la cafeína sea menos efectiva que cuando esta se toma en cápsulas, teoría apoyada en 2002 por Paulis (28), donde indicó que derivados de los ácidos clorogénicos, producidos desde el proceso del café pueden tener el potencial para alterar y reducir sus efectos.

McLellan and Bell examinaron si una taza de café justo antes de la suplementación con la cafeína en cápsulas (Anhídrido de cafeína) podría tener algún efecto negativo sobre el efecto del componente ergogénico. Los sujetos eran activos y consumidores habituales de cafeína. El diseño consistía en 6 días de prueba en la que los sujetos, consumían una taza de café con una dosis de 1mg/kg y 30 min más tarde, ingerían una de las siguientes opciones: café descafeinado más cápsula de placebo, café descafeinado más cápsula que contenía 5mg/kg de cafeína, café en dosis de 1.1 mg/kg más 5mg/kg de cafeína, café más cápsula de cafeína de 3mg/kg, cápsula de café más cafeína 7mg/kg y agua más cápsula de cafeína 5 mg /kg.

Los resultados del experimento realizados, demostraron que el efecto de la suplementación no se vio alterado por la ingesta de la taza de café antes del ejercicio. Además demostraron que el suplemento en cápsula (dosis entre 3-7mg/kg), incrementa el rendimiento en un 24 % con respecto al placebo. (29)

Pasman y colaboradores examinaron los efectos de diferentes cantidades de cafeína en ejercicios de resistencia aeróbica. Los sujetos (9 ciclistas entrenados), tomaron 4 tratamientos (un placebo, 5mg/kg de cafeína en cápsula, 9mg/kg de cafeína en cápsula y 13 mg/kg de cafeína en cápsula) en diferentes momentos de la prueba. Los resultados concluyeron que la cafeína potencio el rendimiento sensiblemente comparado con el placebo. Aunque dentro de los tratamientos no encontraron diferencias estadísticas, los sujetos que habían ingerido las cápsulas de cafeína, incrementaron su rendimiento en un 27% de media. (30)

En otro estudio realizado por Lieberman (31) a los "U.S navy SEAL", demostró que no existe diferencias entre el placebo y 100mg / kg de cafeína, aunque si existe diferencias significativas cuando aumentamos la dosis a 200mg /kg de cafeína. Posteriormente, aumentaron las dosis de 200mg /kg a 300mg/kg. En este último caso, tampoco encontraron diferencias.

Graham y Spriet, examinaron los efectos de varias cantidades de cafeína (3mg/kg, 6 mg/kg y 9 mg/kg) y concluyeron que mejoraban sus rendimientos, aquellos sujetos que ingirieron dosis bajas (3mg/kg) y medias (6mg/kg) y aquellos que consumieron cantidades altas (9mg/kg) no experimentaron mejoras en su rendimiento debido a que cantidades elevadas, anula el efecto positivo de la cafeína sobre el SNC. (32)

En el caso de los ejercicios de alta intensidad, Collomps y colaboradores (23), realizaron un experimento en sujetos no entrenados, que realizaban 2-3h por semana de actividad no específica, en los cuales un subgrupo de estos sujetos ingirió 5 mg /kg de cafeína y

el otro subgrupo placebo y se les realizó a ambos grupos el test Wingate. Concluyeron que no existía diferencia entre la ingestión de cafeína y el placebo, ni en el pico de fuerza máxima realizada ni en el trabajo total. Greer y su equipo ⁽³³⁾, ampliaron el estudio realizado por Collomps, en la que administraron 6 mg de cafeína a dicho sujetos. En este caso, no hubo mejoras con esta cantidad y además, en las dos de las cuatro últimas pruebas del test de wingate, disminuyeron su rendimiento.

Otros estudios realizados, con la misma cantidad de cafeína que Greer (6mg/kg), en la que se realizó pruebas de agilidad y el test de wigate, los sujetos no entrenados no experimentaron ninguna mejora.⁽³⁴⁾

MacIntosh and Wright estudiaron los efectos de 6mg /kg de cafeína en nadadores entrenados que realizaban 1500-500 metros y observaron que los que consumían esta cantidad de cafeína, mejoraban sus resultados en tiempo en comparación con el placebo. ⁽³⁵⁾

Glaister y otros, examinaron sujetos físicamente activos que realizaban sprint 12x30 m en 35s y les administraron dosis de cafeína de 5mg/kg y observaron una mejora significativa en las 3 primeras carreras.⁽³⁶⁾

Bruce y colaboradores, utilizaron dos dosis de cafeína distinta (6mg/kg y 9 mg/kg) para comprobar el rendimiento de sujetos entrenados de 2000m de remo, y concluyeron que la cafeína mejoraba el rendimiento tanto en contrarreloj como en la potencia de salida en comparación con el placebo. Y entre las dos dosis, solo mejoro el rendimiento cuando se consumía 6 mg /kg. ⁽³⁷⁾ Anderson y otros, utilizaron los mismos condicionantes que Bruce y colaboradores pero en este caso en mujeres de 2000m de remo, pero en este caso 9 mg/kg de cafeína mejoraba significativamente en el rendimiento y en el tiempo los primeros 500m. ⁽³⁸⁾

Es evidente que en los ejercicios de alta intensidad en sujetos no entrenados, la cafeína no es eficaz. Sin embargo, en atletas entrenados que consumen dosis moderadas de cafeína (3-9 mg/kg) son efectivos.

8.3 Deportes en los que predominan los sistemas mixtos

Combinación entre deportes de entrenamiento anaeróbicos y aeróbicos. Dentro de esta práctica deportiva, los más destacados son los de raqueta y pelota.

Deportes de raqueta: cabe destacar a nivel internacional el tenis, squash, bádminton, el raquetbol y el tenis de mesa. Existen otros muchos juegos de raqueta pero estos son

menos populares. En esencia, los deportes de raqueta consisten en una serie de idas y vueltas en los que los jugadores golpean la pelota uno hacia el otro, hasta que la pelota no esté en el juego.

Deporte de pelota: El elemento clave es una pelota. Se juega en equipos y cada individuo se le denomina jugador. Estos juegos se pueden agrupar, si utilizamos instrumentos para golpear la pelota (béisbol, cricket o golf), si el juego consiste en obtener puntos con la pelota (fútbol, baloncesto, balonmano, lacrosse...).

En el caso de deportes de equipo, como el rugby, Stuart y colaboradores realizaron un estudio simulando un juego real con ejercicios de pase y carrera. Encontrando una mejora del 10% en precisión de pase. Dicha mejora, es aplicable al juego real ya que es necesario pasar el balón de forma rápida y ser preciso en el pase, en condiciones de presión.

Dividieron al equipo en dos grupos en los que administraron cafeína y placebo demostrando que mejoraban su rendimiento en el pase y en la resistencia aeróbica al finalizar el ejercicio, aquellos sujetos a los que se le administraron cafeína. ⁽³⁹⁾

Schneiker y colaboradores, examinaron los efectos de los suplementos de cafeína en pruebas de sprint, aplicable tanto a deporte de hockey como fútbol. Consistían en 10 sujetos entrenados de deportes de equipo, en los que participaban en pruebas de velocidad intermitente con una duración de 80min y los resultados indicaron que dosis de cafeína de 6 mg dieron mejores resultados que los sujetos que consumían placebo. ⁽⁴⁰⁾

En resumen, tanto los deportes de predominio aeróbico como en los deportes de entrenamiento mixtos, dosis de cafeína moderadas de 3-9 mg/kg puede ser beneficiosas en pruebas cortas o intermitentes pero prolongadas de alta intensidad, en atletas entrenados pero debemos tener en cuenta las características fisiológicas de cada sujeto. En el caso de los sujetos no entrenados, el efecto de la cafeína puede estar camuflado dependiendo de la variabilidad natural del rendimiento.

9. Cafeína. Dosis y pautas posológicas para el uso clínico

9.1 Dosis

Según la EFSA y a petición de la Comisión Técnica de Productos Dietéticos, Nutrición y Alergias (NDA), se pidió la entrega de un dictamen científico sobre la seguridad de la

cafeína. En base a esto, la comisión de la NDA llegó a las siguientes conclusiones sobre la ingesta de cafeína en grupos específicos de la población general:⁽⁴¹⁾

- Adultos: dosis únicas de cafeína hasta 200mg (aproximadamente 3mg /Kg de peso corporal/día) no plantea problemas de seguridad para la salud del sujeto incluso si se consume menos de 2h antes del ejercicio físico intenso. La cantidad máxima de cafeína que no supondría problemas de seguridad serían 400mg (5.7 Mg/kg de peso corporal/día). Además, Las dosis únicas de 100 mg (aproximadamente 1,4 mg/kg de peso corporal) de cafeína pueden afectar la duración del sueño y los patrones en algunos adultos, especialmente, cuando se consume antes de ir a dormir.
- Embarazadas: la dosis de cafeína para este tipo de población son de hasta 200mg/día. Esta dosis, no plantean problemas de seguridad para el feto.
- Mujeres lactantes: dosis únicas de cafeína hasta 200mg /día.
- Niños y adolescentes: debido a la limitada información disponible para este subgrupo de población , la ingesta de cafeína utilizada es la misma que para el consumo en adultos (3 mg / kg de peso corporal / día)

9.2 Indicaciones, contraindicaciones y efectos secundarios ⁽⁴²⁾

9.2.1 Indicaciones

- Estimulante del SNC: constituyen su uso más extendido, generalmente dentro del consumo dietético. Aproximadamente, el 80-90% de la población de EE.UU y Europa la toman a diario siendo el psico-estimulante más utilizado. La cafeína en dosis entre 100-250mg por vía oral, aumenta la alerta, la actividad mental, reduce la fatiga y mejora el estado de ánimo. Además, tiene una acción reforzante a través de la liberación de dopamina en los circuitos de recompensa.
- Analgésico: asociada a ergóticos, en dosis de 100mg, se usa en el tratamiento de la migraña por sus efectos vasoconstrictores, además de favorecer la absorción de ergotamina. Como analgésico adyuvante, en dosis variable (20-75mg de cafeína por comprimido) se emplea asociado a otros analgésicos (opioides o no) y se ha utilizado también, en la cefalea post punción lumbar.

- Otros: por vía tópica, en cremas al 10-30%, se emplea en el tratamiento de dermatitis atópica y ha demostrado utilidad en el tratamiento de la psoriasis. Evidencias crecientes indican su potencial utilidad y la de otros antagonistas de los receptores de A_{2A}, en el desarrollo de futuros tratamientos para la enfermedad del Parkinson. Se están investigando análogos de la cafeína también en la enfermedad de Alzheimer, el cáncer y la diabetes. Estos componentes han demostrado actividad analgésica, antiinflamatoria, antitusígena, psicoestimulantes, diuréticas y lipolíticas.

9.2.2 Contraindicaciones

Esta contraindica la cafeína en pacientes con hipersensibilidad a la cafeína u otras xantinas. Debe restringirse su uso en pacientes con alteraciones CV graves, úlcera péptica, epilepsia, diabetes, HTA no controlada o insuficiencia hepática.

9.2.3 Reacciones adversas

El consumo moderado de cafeína (menos de 300mg/día) generalmente no provoca riesgos graves para la salud. En dosis altas (superiores a 500mg/día) puede causar ansiedad, alteración del sueño, temblor, contracciones musculares, alteraciones gastrointestinales, aumento de la diuresis, palpitations, taquicardia, arritmias, aumento de la presión arterial, taquipnea, hiperventilación y rubefacción. El consumo prolongado desarrolla tolerancia y su interrupción o reducción brusca, puede desencadenar síntomas de abstinencia como cefalea, irritabilidad, disminución de la energía-actividad, somnolencia, alerta disminuida, ansiedad, cansancio, dificultad de concentración, animo deprimido, sintomatología pseudogripal, náuseas, dolor y rigidez muscular.

En el manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM- IV) se reconoce 4 síndrome asociado con el consumo de cafeína: intoxicación por cafeína, trastorno de ansiedad inducido por cafeína, trastorno del sueño inducido por cafeína y trastorno no especificado relacionado con la cafeína.

9.2.4 Sobredosificación

Pueden aparecer síntomas de toxicidad aguda como cefalea, dolor abdominal, fiebre, agitación, temblor, convulsiones, delirio, taquicardia y arritmias con ingesta superiores a 1 gr o 15 ml / kg. El tratamiento es sintomático y de soporte. La ingestión de 5-10gr de cafeína puede resultar letal.

9.2.5 Interacciones farmacológicas con otras sustancias

La cafeína interacciona con fármacos que inhiben, inducen o se metabolizan por el citocromo P450 lo que puede alterar su eliminación y los efectos de la cafeína. Inhibe el metabolismo de clozapina, aumentando sus niveles. Reduce la absorción de hierro (Fe) y Ca. Aumenta la eliminación renal de litio. Disminuye los efectos de las benzodiazepinas, adenosina y de la dipiridamol. Puede incrementar el efecto inotrópico de los fármacos simpaticomiméticos. En dosis altas puede causar HTA y arritmias con inhibidores de la monoaminoxidasa (IMAO).

10. La cafeína. Una importante sustancia en diferentes productos

10.1 Diferencia entre bebida energética y bebida de reposición

Las bebidas de reposición: Tienen una composición claramente definida, pues lo que necesitamos, es conseguir una rápida absorción de H₂O y electrolitos y prevenir la fatiga muscular. Para ello buscamos conseguir estos tres objetivos fundamentales:

- Aporte de HCO que mantengan una concentración adecuada de glucosa en sangre y retrasen el agotamiento de los depósitos de glucógeno.
- Reposición de los electrolitos, sobre todo el Na.
- Reposición hídrica para evitar la deshidratación.

Los beneficios de las bebidas de reposición no solo están indicados para deportistas que realizan un ejercicio muscular regular e intenso sino también, por su trabajo, personas que hacen esfuerzos importantes o en condiciones adversas o que durante su tiempo de ocio, hacen ejercicio físico y entrenan. Las características específicas de este tipo de bebida son:

- No menos de 80 Kcal/l ni más de 350 Kcal/l
- Al menos el 75% de las calorías provendrán de HCO de alto índice glucémico (glucosa, sacarosa, maltrodextrinas)
- No más del 9% de HCO: 90g/l
- No menos de 460mg de Na /l y no más de 1150 mg de Na / l
- Osmolaridad entre 200-330 mOsm/kg deH₂O.

Las bebidas energéticas: bebidas analcohólicas, generalmente gasificada, compuestas básicamente por cafeína, gran concentración de HCO de distintas velocidad de absorción y otros ingredientes como AA, vitaminas, minerales, extractos vegetales que se acompañan de aditivos acidulantes, conservantes, saborizantes y colorantes.

Entre los glúcidos, los que se utilizan más comúnmente son sacarosa, glucosa, glucuronolactona y fructosa, en forma individual o combinados. También se le suele adicionar taurina, guaraná e inositol; Mientras que, dentro de las vitaminas se utilizan las del grupo B, (especialmente B₁, 2,6 y 12) y pueden añadirse vitamina C. En algunas bebidas, se incluyen algunos minerales, como Mg y K, aunque en cantidades reducidas.

Su principal función es aportar al deportista una sensación rápida de energía y una sensación de bienestar.

Para ver la composición funcional de estas bebidas, elegimos 4 marcas muy conocidas: Red bull, Monster, Rockstar y Schweppes V y compararemos su componente en HCO ya que su componente en cafeína, lo analizaremos más adelante.

Tabla 4. Contenido de Hidratos de Carbonos en 4 marcas conocidas de bebidas energéticas. Elaboración propia

Marca comercial	Cantidad de Hidratos de Carbono
Red Bull	11g/100ml 24.75g/225 ml (1 lata)
Monster	14.5g / 100ml 72.5 g/500ml (1 lata)
Rockstar	13.5g/100ml 67.5g/500ml (1 lata)
V- Double Hit - Guaraná Energy Drink	10.6g/100ml 53g/500ml (1 lata)

Ambas bebidas, se las pueden considerar como alimentos funcionales, ya que han sido diseñadas para proporcionar un beneficio específico. Como todo alimento funcional, su consumo no pretende reemplazar alimentos si no, aportar un beneficio adicional buscado por el consumidor. (43)

10.2 Etiquetado para los productos que contienen cafeína

Según el REAL DECRETO 906/2003, de 11 de julio, relativo al etiquetado de los productos alimenticios que contienen quinina o cafeína, establece cuales son las indicaciones obligatorias que deben figurar en el etiquetado de la cafeína utilizadas en la fabricación o la preparación de un producto alimenticio.


- Cuando la cafeína es usada como aromas en la fabricación o en la preparación de un producto alimenticio, deberán figurar en la lista de ingredientes justo después de “aroma”
- Cuando una bebida destinada a consumirse tal cual o tras la reconstitución del producto concentrado o deshidratado, contenga cafeína, sea cual sea su fuente, en una proporción superior a 150 mg/l, deberá figurar en la etiqueta, en el mismo campo visual que la denominación de venta de la bebida, la siguiente advertencia: «Contenido elevado de cafeína». Esta indicación irá seguida entre paréntesis del contenido en cafeína expresado en mg/100 ml.




(44)

10.3 Dosis de cafeína en diferentes bebidas

A continuación realizamos un estudio de campo visitando 4 supermercados importantes: Mercadona, Gadis, el Árbol y Carrefour y comparamos las bebidas energéticas que venden cada uno de estos y su contenido en cafeína.

Tabla 5. Contenido de cafeína en las bebidas energéticas en diferentes supermercados. Elaboración propia

SUPERMERCADO	BEBIDA ENERGÉTICA	CONTENIDO DE CAFEÍNA
	Energética light (25cl)	32mg /100ml
	Energética (25cl)	32mg /100ml
	Red Bull (250ml)	32mg /100ml
	Monster (500ml)	32mg /100ml
	Burn (500ml)	32mg /100ml

	Red Bull tropical edition (250ml)	32mg /100ml
	Moster Rehab (500ml)	32mg /100ml
	Energy drink light (25ml)	18mg/100ml
	Energy drink (25ml)	18mg/100ml
	Red Bull (250ml)	32mg /100ml
	Red Bull sin azucares (250ml)	32mg /100ml
	Monster energy "the doctor" (500ml)	32mg/100ml
	Monster Ripper (500ml)	30mg /100ml
	Monster energy "Azul" (500ml)	30mg/100ml
	Monster energy "verde" (500ml)	32mg/100ml
	Burn (500ml)	32mg /100ml
	Energy drink ginseng (500ml)	20mg/100ml
	Burn energy drink coffee (250ml)	32mg/100ml
	Rockstar energy drink (250ml)	32mg /100ml
		Red Bull (250ml)
Bebida energética marca Día (25cl)		32mg /100ml
Bebida energética light marca Día (25cl)		32mg /100ml
The liquid PC energy (25cl)		No nos indica la cantidad.
Burn (500ml)		32mg /100ml
Monster Ripper (500ml)		32mg /100ml
Monster energy (500ml)		32mg /100ml

10.4 WADA /AMA programa de seguimiento antidopaje

La Agencia Mundial Antidopaje (WADA/AMA) es una fundación independiente que promueve, coordina y monitoriza la lucha contra el dopaje en el deporte.

La WADA cada año publica una lista con las sustancias prohibidas de acuerdo con el artículo 4.2.2 del código Mundial Antidopaje, toda sustancia prohibida debe ser considerada "sustancia específica" excepto las sustancias en las clases S1,S2,S4.4,S4.5, S6.a y los métodos prohibidos M1,M2 y M3.

Con respecto a la cafeína, la WADA retiró a ésta en su lista de sustancia prohibidas en 2004. Aun así a fecha de 1 de enero del 2016, fecha de actualización para este año 2016, sigue en su programa de seguimiento en competición solamente, para evaluar la tendencia de uso y evitar el abuso de esta sustancia. (45)

11. Discusión

Por lo publicado y leído en esta búsqueda bibliográfica para este trabajo parece que la cafeína como ayuda ergogénica nutricional en el ámbito de la actividad física y deporte ofrece los siguientes resultados:

Efecto de la cafeína sobre el Sistema endocrino

Los primeros estudios realizados, mostraron que la cafeína ingerida una hora antes de una sesión de ejercicio, eleva la tasa de oxidación de las grasas y el rendimiento deportivo. En estudios posteriores, se examinaron un cambio de metabolismo de los sustratos durante el ejercicio de HCO a grasas y un aumento leve de AG en plasma. Esto es así porque la cafeína movilizó las grasas y el glucógeno muscular y por tanto mejoro el rendimiento deportivo. Más tarde se demostró, que la cafeína, aumentaba la actividad del sistema nerviosos simpático, liberando AG de los adipocitos y de los almacenes de grasa intramuscular. Además la cafeína se le ha relacionado con un efecto directo sobre la lipólisis ya que inhibe la fosfodiesterasa, enzima responsable de la degradación de adenosin monofosfato cíclico (AMPc,) y un aumento de la vida media de AMPc, aumenta la lipólisis aunque este efecto no está claro. Otros estudios demostraron efecto termogénico a corto plazo ya que la ingesta de cafeína, aumentaba la tasa metabólica en reposo 3 horas después de la ingestión. También puede inducir un efecto termogénico en reposo aunque aún no se sabe su causa. En algunas circunstancias, la cafeína puede aumentar el gasto de energía en reposo o la oxidación de las grasas. Pero la cafeína por sí sola no es eficaz en la reducción del peso corporal.

Efecto de la cafeína sobre los sistemas de entrenamiento anaeróbico

Se ha demostrado que la cafeína, en este sistema de entrenamiento, mejora tanto la fuerza explosiva como la explosiva-elástica puesto que ingerida una hora antes del ejercicio, favorece el aumento de la carga y el número de repeticiones, además de reducir la fatiga.

Efectos de la cafeína sobre los sistemas de entrenamiento aeróbico y mixtos

Existen evidencias científicas de los efectos ergogénicos de la cafeína en este tipo de entrenamiento

- Se ha demostrado que corredores que consumieron cafeína en cápsulas, pudieron correr entre 2-3km más en relación a otros tratamientos, y por tanto incrementaron su capacidad.
- Se ha demostrado que la cafeína mejora el rendimiento deportivo usando dosis entre 3-9 mg /kg.
- La cafeína tiene efectos visibles en sujetos entrenados pero no encontramos efectos visibles en sujetos no entrenados debido a la variabilidad natural del rendimiento.

Efecto de la cafeína sobre la fatiga

El consumo de cafeína disminuye la fatiga y por tanto mejor el rendimiento deportivo tanto a nivel central como periférico.

- A nivel central: actúa sobre el SNC como antagonista de la adenosina
- A nivel periférico: efecto sobre todo a nivel neuromuscular, ya que mejora los mecanismos de contracción muscular, aumenta la potencia. También actuaría a otros niveles pero no de forma tan significativa en cuanto al rendimiento deportivo.

Efectos de la cafeína en nuestro organismo

- Dosis de cafeína de 200mg (3mg/kg de peso corporal / día) no supondría ningún problema de seguridad para la salud del sujeto consumida incluso, 2h antes del ejercicio intenso. Por el contrario, dosis superiores a 400mg (5.7 mg/kg de peso corporal / día) supondría un problema de seguridad. Además dosis superiores a los 500mg/día podrían causarnos efectos adversos como ansiedad, alteraciones del sueño (dosis únicas de 100mg consumida 1h antes también podrían producir efectos adversos), temblores, contracciones musculares, alteraciones gastrointestinales, palpitaciones, taquicardias, arritmias, entre otros. En situaciones especiales como en el embarazo o durante la lactancia, la dosis recomendada no debe superar los 200mg/día. Dosis entre 5-10gr de cafeína puede resultar letal.

- Es el psico-estimulante más utilizado a diario. Dosis entre 100-250mg por vía oral, aumenta la alerta, la actividad mental y mejora el estado de ánimo. Asociado a ergóticos, se usa para el tratamiento de migrañas por sus efectos vasoconstrictores. Además también se utiliza asociado a otros analgésicos. Por vía tópica se emplea unido a cremas, en el tratamiento de la dermatitis atópica y en la psoriasis.
- Está contraindicado en sujetos con algún tipo de patología como hipersensibilidad a la cafeína y/o xantinas, alteraciones CV graves, úlceras pépticas, epilepsia, diabetes, HTA no controlada e insuficiencia hepática.
- El consumo prolongado desarrolla tolerancia y su interrupción o reducción brusca puede desencadenar síntomas de abstinencia.
- Existe interacciones farmacológicas con otras sustancias. Inhibe el metabolismo de clozapina, reduce la absorción de Fe y Ca, aumenta la eliminación renal del litio, disminuye los efectos de las benzodiazepinas, adenosina y dipiridamol. En dosis altas puede causar HTA y arritmias con los IMAO.

12. Conclusiones

1. La cafeína tiene un efecto en la movilización de los ácidos grasos libres pero no aumenta su utilización, por tanto no es eficaz como lipolítico.
2. Se ha demostrado que es una ayuda ergogénica potente, tanto para los entrenamientos de la fuerza explosiva como de la explosiva-elástica ingerida una hora antes del ejercicio.
3. Evidencias científicas demuestran que la cafeína es una ayuda ergogénica significativa en el ejercicio tanto aeróbico como mixto, usando dosis entre 3-9 mg /kg.
4. La cafeína disminuye la fatiga tanto a nivel central como periférico y por tanto, es capaz de mejorar el rendimiento deportivo
5. Es imprescindible conocer las dosis, las indicaciones, contraindicaciones, interacciones y efectos secundarios de la cafeína para su prescripción como ayuda ergogénica.

13. Bibliografía

- 1- Ricardo Pardo Lozano, Yolanda Álvarez García, Diego Barral Tafalla, Magí Farry Albaladejo. Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso. Adicciones, 2007Vol.19 Núm. 3 • Págs. 225-238
- 2- J.G.Gallego, P.S. Collado, J.M.Verdu. Nutrición en el deporte. Ayudas ergogénicas y dopaje.1ª ed. España: editorial Díaz de Santos.
- 3- P.Lorenzo, A.Moreno, I. Lizasoain, J.C. Leza, M.A. Moro, A. Portolés. Velázquez. Farmacología básica y clínica.18ª ed. Madrid: Panamericana Ediciones;2009
- 4- A.R.Gennaro, A.H. Der Marderosian, G.R.Hanson, T.Medwick, N.G .Popovich, R.L. Schnaare et al. Remington. Farmacia. tomo 2. 20ª ed. Buenos Aires: Panamericana Ediciones ;2003
- 5- Sociedad Española de Toxicomanías. José. C .Pérez de los Cobos Peris, Juan Carlos Valderrama Zurián, Gaspar Cervera Martínez, Gabriel Rubio Valladolid. Tratado SET de trastornos adictivos. Madrid: Panamericana Editoriales;2006
- 6- P. Lorenzo, J. M. Ladero, J.C Leza, I. Lizasoain. Drogodependencias. Farmacología. Patología. Psicología. Legislación. 3ª ed. Madrid: Panamericana Editoriales; 2009
- 7- Nieves Palacios Gil-Antuñano, Eduardo Iglesias-Gutiérrez y Natalia Úbeda Martín. Efecto de la cafeína en el rendimiento deportivo. Med Clin (Barc) 2008; 131(19):751-755.
- 8- A. E. Jeukendrup and R. Randell. Fat burners: nutrition supplements that increase fat metabolism. Obesity reviews. 2011) 12, 841–851
- 9- J. López. Chicharro, A. Fernández Vaquero. Fisiología del ejercicio. 3ª ed Madrid: Panamericana Ediciones; 2006.

- 10-** González Ravé. Pablos Abella: Navarro Valdivieso. Entrenamiento deportivo. Teoría y práctica. Madrid: Panamericana Editoriales; 2014
- 11-** J. López chicharro. J.M López Mojares. Fisiología clínica del ejercicio. Madrid: Panamericana Editoriales;2008
- 12-** Darío F. Cappa. Entrenamiento de la potencia muscular. 1ºed. Argentina: Editorial Dupligráf ; 2000
- 13-** Jack. H. Wilmore, David. L. Costill. Fisiología del esfuerzo y del deporte. 6ª ed. Barcelona: Paidotribo Editorial; 2007
- 14-** Carlos J. Padilla Colón, Pilar Sánchez Collado, María José Cuevas. Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. Nutr Hosp. 2014; 29(5):979-988.
- 15-** Iraima Fernández González. Blanca López Erquicia. Susana Moral Delgado. Manual de aeróbic y step. Federación Española de Aerobic. Barcelona: Editorial Paidotribo;2004
- 16-** Nieves Palacios gil de Antuñano, et al. Ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan ejercicio físico. Documento de consenso de la federación española de medicina del deporte. Volumen xxix - suplemento 1 – 2012
- 17-** R. Blasco Redondo. Nutrición en el deporte. Ayudas ergogénicas. Curso MOOC Nutrición Deportiva UCAM 2016
- 18-** Eric. R. Helms, Alan .A. Aragon, Peter. J. Fitschen. Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: Nutrition and supplementation. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2014, 11:20
- 19-** Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG: The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. Int J of Sport Nutr Exerc Meta 2008, 18:412-29.

- 20-** Beck TW, Housh TJ, Schmidt RJ, Johnson GO, Housh DJ, Coburn JW, Malek MH: The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *J Strength Cond Res* 2006, 20:506-510.
- 21-** Astorino TA, Rohmann RL, Firth K, Kelly S: Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *European Journal of Applied Physiology* 2008, 102:127-132.
- 22-** Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG: Effect of caffeine as an ergogenic aid during anaerobic exercise performance in caffeine naive collegiate football players. *J Strength Cond Res* 2009, 23:1363-1369.
- 23-** Collomp K, Ahmaidi S, Audran M, Chanal CM, Préfaut C. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate test. *Int J Sports Med.* 1991; 12:439-43.
- 24-** Crowe MJ, Leicht AS, Warwick L. Spinks physiological and cognitive responses to caffeine during repeated, high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006; 16:528-44.
- 25-** Collomp K, Ahmaidi S, Chatard JC, Audran M, Prefaut C. Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 1992; 64:377-80.
- 26-** Wiles JD, Coleman D, Tegerdine M, Swaine IL. The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1 km cycling time-trial. *J Sports Sci.* 2006; 24:1165-71.
- 27-** Graham TE, Hibbert E, Sathasivam P: Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol* 1998, 85:883-889.
- 28-** de Paulis T, Schmidt DE, Bruchey AK, Kirby MT, McDonald MP, Commers P, Lovinger DM, Martin PR: Dicinnamoylquinides in roasted coffee inhibit the human adenosine transporter. *Eur J Pharmacol* 2002, 442:215-23.

- 29-** McLellan TM, Bell DG: The impact of prior coffee consumption on the subsequent ergogenic effect of anhydrous caffeine. *Int J of Sport Nutr Exerc Meta* 2004, 14:698-708.
- 30-** Pasma WJ, van Baak MA, Jeukendrup AE, de Haan A: The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J of Sports Med* 1995, 16:225-30.
- 31-** Lieberman HR, Tharion WJ, Shukitt-Hale B, Speckman KL, Tulley R: Effects of caffeine, sleep loss, and stress on cognitive performance and mood during U.S. Navy seal training. *Psychopharmacology* 2002, 164:250-61.
- 32-** Graham TE, Spriet LL: Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol* 1995, 78:867-74.
- 33-** Greer F, McLean C, Graham TE: Caffeine, performance, and metabolism during repeated wingate exercise tests. *J Appl Physiol* 1998, 85:1502-1508
- 34-** Lorino AJ, Lloyd LK, Crixell SH, Walker JL: The effects of caffeine on athletic agility. *J Strength Cond Res* 2006, 20:851-54.
- 35-** MacIntosh BR, Wright BM: Caffeine ingestion and performance of a 1,500- metre swim. *Can J Appl Physiol* 1995, 20:168-77.
- 36-** Glaister M, Howatson G, Abraham CS, Lockey RA, Goodwin JE, Foley P, McInnes G: Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc* 2008, 40:1835-40.
- 37-** Bruce CR, Anderson ME, Fraser SF, Stepto NK, Klein R, Hopkins WG, Hawley JA: Enhancement of 2000-m rowing performance after caffeine ingestion. *Med Sci Sports Exerc* 2000, 32:1958-1963.

- 38-** Anderson ME, Bruce CR, Fraser SF, Stepto NK, Klein R, Hopkins WG, Hawley JA: Improved 2000-meter rowing performance in competitive oarswomen after caffeine ingestion. *Int J of Sport Nutr Exerc Meta* 2000, 10:464-75.
- 39-** Stuart GR, Hopkins WG, Cook C, Cairns SP: Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005, 37:1998-05.
- 40-** Schneiker KT, Bishop D, Dawson B, Hackett LP: Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2006, 38:578-585
- 41-** EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies). Scientific Opinion on the safety of caffeine 2015 112 pp: 10.2903.
- 42-** M.salazar, C.Peralta, F.J Pastor. Tratado de Psicofarmacología. Bases y aplicación clínica. 2ª ed. Madrid: Panamericana Ediciones; 2010
- 43-** A.Gil. Tratado de Nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Tomo 2. 2ª ed. Madrid: Panamericana Editoriales;2010
- 44-** REAL DECRETO 906/2003. Etiquetado de los productos alimenticios que contienen quinina o cafeína. BOE núm. 166
- 45-** World Anti-Doping Code International Standard. prohibited list. january 2016