

Ayudas ergogénicas nutricionales en el CrossFit: una revisión narrativa



Universidad de Valladolid

4º curso Nutrición Humana y Dietética

Miguel Esteban Ruiz

Dirección: Raquel Blasco Redondo

Tabla de contenidos

Resumen.....	1
Abstract	1
Palabras clave.....	2
Keywords.....	2
Abreviaturas	2
Introducción	4
Definición y actualidad del CrossFit	4
Historia del CrossFit.....	4
CrossFit Games.....	5
Parámetros determinantes en el CrossFit.....	5
1. Entrenamiento de CrossFit.....	5
2. Composición corporal	7
3. Alteraciones endocrinas, metabólicas, hormonales y funcionales. Fatiga y lesiones en el CrossFit	8
4. Estrategias nutricionales y ayudas ergogénicas.....	13
Justificación del estudio	18
Objetivos del estudio	18
Material y métodos	19
Resultados	21
Discusión	24
Importancia del CrossFit en el estado de forma física de la población general	24
CrossFit como entrenamiento para personas con sarcopenia	25
Evitar lesiones causadas por la fatiga muscular.....	26
Requerimientos nutricionales en el desarrollo de la práctica	27
Conclusiones	29
Referencias.....	30

Resumen

El CrossFit es una disciplina y marca registrada con creciente popularidad que combina 3 modalidades. Sus entrenamientos de cada día se denominan WOD y es popular por ser un método que mejora la CC. La propia empresa de CrossFit da unas recomendaciones nutricionales y cursos a sus entrenadores con las que no se va a conseguir un rendimiento óptimo ni una recuperación adecuada, además, la información aportada sobre suplementos deportivos es escasa. Por ello, nuestro objetivo es poner en valor el CrossFit como modalidad emergente y como método de entrenamiento en otras disciplinas, así como poner en valor la importancia del CrossFit en el estado de forma física, la utilidad del entrenamiento como tratamiento de la sarcopenia, las estrategias para evitar lesiones causadas por fatigas y los requerimientos nutricionales en el desarrollo de la práctica. Para ello, se realizó una búsqueda bibliográfica obteniendo como resultados 48 estudios. Podemos concluir que ha demostrado ser una estrategia adecuada tanto para el mantenimiento, como la mejora de la forma física en población general. Además, se ha observado que las ingestas son insuficientes y las recomendaciones nutricionales que reciben no son adecuadas, es por ello, que se hace necesario el asesoramiento de un profesional de la Nutrición Humana y Dietética.

Abstract

CrossFit is a discipline and trademark with growing popularity that combines 3 modalities. Its daily workouts are called WODs and it is popular for being a method that improves CC. The CrossFit company itself gives nutritional recommendations and courses to its coaches that are not going to achieve optimal performance or adequate recovery, and the information provided on sports supplements is scarce. Therefore, our objective is to highlight CrossFit as an emerging modality and as a training method in other disciplines, as well as to highlight the importance of CrossFit in physical fitness, the usefulness of training as a treatment for sarcopenia, strategies to avoid injuries caused by fatigue and nutritional requirements in the development of the practice. For this purpose, a bibliographic search was carried out, obtaining 48 studies as results. We can conclude that it has proven to be an adequate strategy for both the maintenance and improvement of physical fitness in the general population. In addition, it has been observed that the intakes are insufficient and the nutritional recommendations they receive are not adequate, which is why the advice of a professional in Human Nutrition and Dietetics is necessary.

Palabras clave

CrossFit, nutrición, suplementos, ayudas ergogénicas, salud, fatiga muscular, prevención de lesiones, sarcopenia.

Keywords

CrossFit, nutrition, supplements, ergogenic aids, health, muscle fatigue, injury prevention, sarcopenia.

Abreviaturas

- WOD – Entrenamiento del día (Work Of the Day)
- W – Halterofilia (weightlifting)
- G – Gimnasia
- M – Acondicionamiento metabólico
- AMRAP – Máximo número posible de repeticiones (as many reps as posible)
- EC – Entrenamiento concurrente
- VO₂ max – Volumen de oxígeno máximo que puede utilizar nuestro organismo
- HIFT – Entrenamiento funcional de alta intensidad
- HIIT – Entrenamiento interválico a alta intensidad
- CC – Composición corporal
- IMC – Índice de masa corporal
- ATP – Adenosín-trifosfato
- ADP – Adenosín-difosfato
- %MG – Porcentaje de masa grasa
- %MM – Porcentaje de masa muscular
- GH – Hormona del crecimiento
- GOT – Aspartato aminotransferasa
- GPT – Alanino aminotransferasa
- IL6 – Interleucina 6
- IL10 – Interleucina 10
- ROS – Especies reactivas de oxígeno
- MPS – Síntesis de proteína muscular
- CMJ – Prueba de salto de contra movimiento
- RDI – Ingestas diarias recomendadas
- HCO – hidratos de carbono

- ISSN – Sociedad internacional de Nutrición en el deporte (International Society of Sport Nutrition)
- MCT – Triglicéridos de cadena media
- COI – Comité olímpico internacional
- JISSN – Revista de sociedad internacional de nutrición deportiva
- EFSA – Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
- FDA – Administración de Alimentos y Medicamentos
- PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
- CAFyD – Grado en ciencias de la actividad física y deporte
- TUG – Pruebas de rendimiento timed up and go
- IOC – Comité olímpico internacional
- RED-S – Deficiencia energética relativa en el deporte

Introducción

Definición y actualidad del CrossFit

El CrossFit es un método de entrenamiento basado en ejercicios de alta intensidad con poco o ningún descanso cuyo objetivo es la mejora de la condición física, viéndose reflejada en alguna de las 10 capacidades físicas generales: resistencia cardiovascular o respiratoria, resistencia muscular, fuerza, flexibilidad, potencia, velocidad, coordinación, agilidad, equilibrio y precisión, desarrollando así una amplia gama de actividades. (1,2). CrossFit es una marca registrada, de la cual cada uno de los gimnasios afiliados pagan una licencia por usar la marca y poder explotar el uso de esa marca bajo el nombre del gimnasio.

Greg Glassman, fundador de CrossFit, define el fitness o estar en forma con tres estándares o modelos diferentes para evaluar y guiar la aptitud física: El primero se basa en las [10 habilidades físicas generales](#) (3), el segundo en el desempeño de tareas atléticas y el tercero en los sistemas de energía que impulsan toda la acción humana. Por tanto, para el mundo del Crossfit, una persona fitness o con aptitud física es aquella que destaca en los 3 estándares, es competente en las 10 habilidades físicas generales, se desempeña bien en todas las tareas atléticas y es eficiente en la obtención de energía a partir de las 3 vías principales (3).

Para obtener una mejora de la condición física el CrossFit se basa en 3 principios. Constantemente variado: se realiza cada día un Work Of the Day (WOD) o entrenamiento del día distinto, salvo que se quiera ver el progreso repitiendo un WOD realizado previamente; movimiento funcional: actividades que pueden extrapolarse a la vida diaria; y alta intensidad (4). Para conseguirlo, utiliza en sus entrenamientos principalmente ejercicios de tres modalidades: gimnasia, halterofilia y condicionamiento aeróbico (3).

Historia del CrossFit

El CrossFit nace de la mano de Greg Glassman, un gimnasta y entrenador personal del departamento de policía en Santa Cruz, (California, Estados Unidos), que trabajaba con diferentes atletas en diferentes gimnasios y se dio cuenta de que los entrenamientos de culturismo tradicionales no mejoraban la condición física. En 1974 decidió centrarse en los movimientos funcionales y realizarlos a alta intensidad para entrenar al cuerpo de policía. En 1995 creó el primer gimnasio Crossfit, que acogería tanto a policías, bomberos, marines, militares para prepararlos físicamente para sus respectivas pruebas. Sin embargo, acudió todo tipo de personas para mejorar su forma física, extendiendo el CrossFit por todo el país y años más tarde por todo el mundo. Actualmente cuenta con más de 14.000 gimnasios o boxes repartidos en 155 países, a los que acuden más de 5 millones de atletas (4).

CrossFit Games

En los CrossFit Games, los atletas compiten por ser el deportista más en forma. Realizan el mismo WOD, anunciado minutos antes de comenzar la competición. Ocultando el WOD a realizar hasta minutos antes de la competición, los atletas deben estar preparados para realizar gran variedad de movimientos (5). El CrossFit Open es la prueba que permite acceder a los CrossFit Games. Dura tres semanas en las que cualquiera puede participar registrándose en la página oficial de Crossfit. El [Libro de Reglas de los CrossFit Games](#) (6) contiene información detallada acerca de cada etapa de la competencia: Open, cuartos de final, semifinales y CrossFit Games. Se debe disponer de un juez, el cual debe realizar un curso ofrecido por CrossFit.com, para que puntúe los movimientos del participante.

En el CrossFit Open, hay 36 grupos según región y hay varias divisiones (según sexo, grupos de edad, [adaptativo](#) (7) y por equipos). Deben realizar 3 WOD en un periodo de 3 semanas. El 10% de los participantes pasan a los cuartos de final. En esta etapa deben realizar 1 o 2 WOD avanzados al día durante 3 días. Tanto el open como los cuartos de final se realizan online. De los cuartos de final pasan 60 hombres y 60 mujeres, que competirán de manera presencial en las semifinales. Se realizan 2 WOD por día durante 3 días. Clasifican 40 hombres y 40 mujeres a los CrossFit Games, donde compiten durante 5 días realizando 13 WOD para conocer al hombre y la mujer más en forma.

Parámetros determinantes en el CrossFit

1. Entrenamiento de CrossFit

El entrenamiento de CrossFit se basa en la aplicación uniforme de las modalidades ya mencionadas, halterofilia (W) y gimnasia (G), que utilizan cargas externas y el peso corporal para desarrollar la fuerza tanto relativa como absoluta; y acondicionamiento metabólico (M), que busca la progresión en el rendimiento de la resistencia aeróbica. En los entrenamientos del día o Work Of the Day (WOD), se combinan las modalidades, para tener distintas combinaciones de entrenamiento (modelo GWM, W, GW, GM, WGM, G, WG, M) y conseguir así un entrenamiento distinto para cada día. Cada uno de los entrenamientos se compone de calentamiento, preparación y WOD (realización de los ejercicios del día). La gran variedad de ejercicios al combinar 3 modalidades hace que la cantidad de WOD sea muy elevada, permitiendo que los entrenamientos sean variados. Estos ejercicios se completan de dos formas distintas: completarlos en el menor tiempo posible o completar el mayor número de repeticiones (AMRAP) en un rango de 10 a 20 minutos (8). El CrossFit, por tanto, es un deporte que construye

una enorme capacidad física, pero tiene un componente técnico bastante alto, por la combinación de diferentes modalidades deportivas (9).

Entrenamientos relacionado con el CrossFit: concurrente y funcional

Un entrenamiento concurrente (EC) combina en una misma programación ejercicios de fuerza y de resistencia, con el objetivo de desarrollar tanto la capacidad aeróbica como la fuerza, y obtener así una mejora de la condición física. Pueden combinarse en la misma sesión (EC intra-sesión), en el mismo día (EC inter-sesión) o en días alternos (EC intra-microciclo). Pueden darse interferencias en las ganancias de fuerza y resistencia aeróbica, para evitarlo se deben combinar adecuadamente los ejercicios (10,11). Las interferencias son efectos adversos sobre los mecanismos de adaptación en el desarrollo de la fuerza o la resistencia durante este tipo de entrenamientos. Esta interferencia perjudica en mayor medida a la ganancia de fuerza cuando el entrenamiento aeróbico se encuentra cerca del VO₂ max (volumen de oxígeno máximo que puede utilizar nuestro organismo) (12,13).

Las sesiones de CrossFit incluyen movimientos funcionales, que involucran todo el cuerpo con patrones de reclutamiento motor universal (activación simultánea de muchas unidades motoras), incluyendo actividades que pueden extrapolarse a la vida diaria (14).

El entrenamiento funcional de alta intensidad (HIFT) hace referencia a movimientos funcionales a altas intensidades. Deriva del entrenamiento interválico a alta intensidad (HIIT), y con él se consigue un mayor reclutamiento muscular, mejorando los parámetros de aptitud física general y el rendimiento (15). Se ha demostrado que este tipo de entrenamiento es beneficioso en varios aspectos: mejora los marcadores de composición corporal (CC), como la masa magra y grasa, y la regulación de la glucosa, además de que se benefician varios dominios cognitivos (16). Sin embargo, las ventajas relacionados con las masa magra y la masa muscular se relacionan con la carga de trabajo, no con el tipo de entrenamiento.

Entrenamiento de CrossFit en otras disciplinas

Son varios los deportes que utilizan el CrossFit como un método para una mejora de la condición física, consiguiendo un aumento del rendimiento en su disciplina principal, tales como tenis, baloncesto, fútbol o judo. En tenis se analizó el impacto del entrenamiento de CrossFit en el rendimiento de atletas de tenis y es su la resistencia deportiva (17). Mostró una mejora en la velocidad lineal y diagonal del golpe de derecha y aumentó el número de pelotas efectivas y precisas, por tanto, puede mejorar la resistencia deportiva en tenistas y por tanto su rendimiento. Otro estudio que avala el entrenamiento de CrossFit como método para la mejora de la condición física, mostró el efecto positivo de estos entrenamientos en las habilidades de

velocidad-fuerza y la fuerza muscular de los judocas de 10 a 12 años (18). En fútbol, sin embargo, el método más utilizado es el HIIT, que es más eficaz que el CrossFit en la mejora de resistencia en jugadores jóvenes (19). Respecto al baloncesto, la práctica de CrossFit redujo el IMC considerablemente, aumentó la capacidad vital media, el tiempo medio de carrera y el valor medio de la fuerza de tracción horizontal. (20)

2. Composición corporal

La composición corporal es un factor determinante para que el deportista obtenga un rendimiento óptimo. En varios estudios se analizó la CC de sujetos que practican CrossFit (21–24). Se obtuvieron resultados similares en cuanto al porcentaje de masa grasa, el cual se correlaciona negativamente con el rendimiento en dos WOD distintos (21). Esto se vio reflejado en el CrossFit Open 2018, donde los deportistas con menor porcentaje de masa grasa obtuvieron mejores resultados, siendo además la CC el predictor de rendimiento más fuerte, por encima de otras medidas(22). Otro estudio observó como los hombres con mayor porcentaje de masa magra y menor porcentaje de masa grasa, obtuvieron mejores resultados en la prueba “Fran” (24). Por tanto, los atletas avanzados poseen una CC más favorable, mayor masa ósea y muscular y mayor calidad y fuerza muscular, además de mayor capacidad aeróbica y mayor capacidad para mantener el esfuerzo (23).

En las competiciones de CrossFit no hay diferencias por categorías de peso, lo que implica que todos los participantes tengan que realizar los ejercicios con la misma carga. Esto hace que sea difícil encontrar una composición corporal ideal, por lo que no tenemos unos patrones de referencia de CC para atletas de élite en CrossFit (9). Menargues-Ramirez et al 2022 (9) realizaron un estudio para describir las características antropométricas, la CC y los somatotipos de los atletas de CrossFit del sureste de España. Esta población tiene una baja cantidad de masa grasa, una estatura relativamente baja y una alta masa muscular, sin embargo, debido a la heterogeneidad de los datos antropométricos de los atletas, es difícil comparar los resultados.

Tabla 1. CC y somatotipo en deportistas de élite en CrossFit del sureste de España

	HOMBRES		MUJERES	
	Media	Min – max	Media	Min – max
Estatura	174,0 ± 4,5	163,3–180,9	163,5 ± 3,4	160,3–169,7
% masa grasa (%MG)	12,17 ± 2,80	8,71–17,64	15,40 ± 1,25	13,86–17,89
% masa muscular (%MM)	44,86 ± 3,02	38,83–50,38	38,11 ± 2,03	35,78–41,60
Endomorfia	2,4 ± 1,1	1,2–4,8	2,7 ± 0,6	1,9–3,8
Mesomorfia	6,7 ± 1,1	5,1–8,6	4,7 ± 0,6	3,2–5,2
Ectomorfia	1,3 ± 0,7	0,1–2,6	1,9 ± 0,6	1,2–2,8
Σ 8 pliegues cutáneos	76,7 ± 32,3	37,0–136,7	81,8 ± 13,4	64,6–103,3

3. Alteraciones endocrinas, metabólicas, hormonales y funcionales. Fatiga y lesiones en el CrossFit

Para moverse, nuestro organismo necesita energía, que se puede obtener por distintas vías, siendo las principales vías de obtención: vía de los fosfágenos, glucólisis y vía oxidativa.

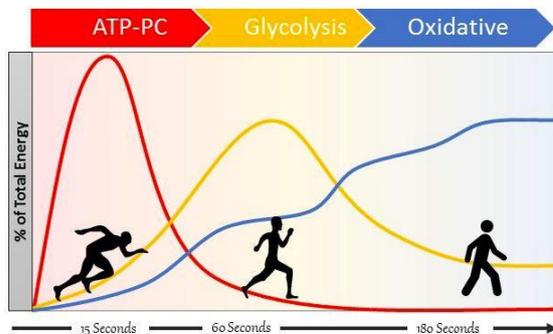
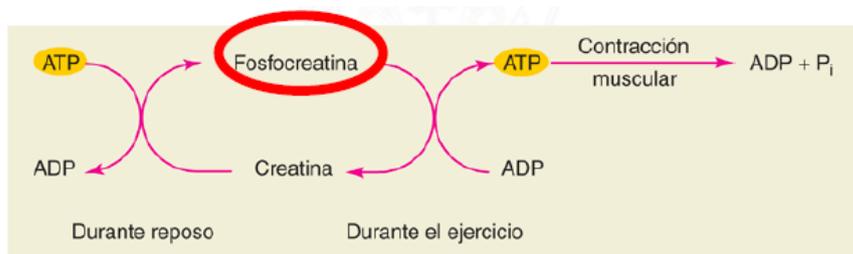


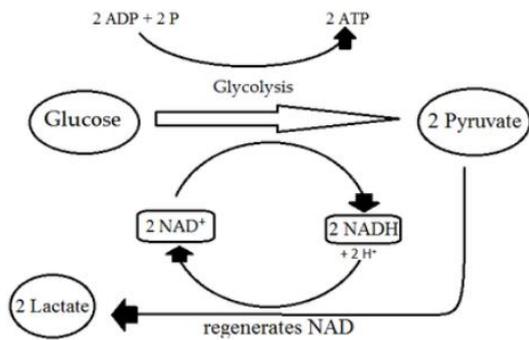
Figura 1. Contribución energética de las distintas vías ante el paso del tiempo

La vía de los fosfágenos utiliza la fosfocreatina acumulada a nivel muscular que se descompone en fosfato y creatina liberando un grupo fosfato que se une a una molécula de ADP para obtener ATP. Este ATP va a permitir que se dé la contracción muscular y por tanto se lleva a cabo el movimiento. Es la vía utilizada en esfuerzos explosivos de corta duración. En la glucólisis se da la resíntesis de ATP a partir de la degradación de glucosa o de glucógeno muscular, produciendo piruvato y lactato. El piruvato entra en el ciclo de Krebs para formar ATP, mientras que el lactato actúa como metabolito de la glucólisis, como precursor gluconeogénico y podría actuar como molécula señalizadora. La vía oxidativa obtiene energía a partir de glucosa (según disponibilidad sérica, depósitos de glucógeno, duración del ejercicio y restablecimiento exógeno) y lípidos (según el depósito graso del sujeto, la facilidad y adaptación que tenga a utilizar grasa como sustrato energético. Se utiliza en mayor medida con intensidades moderadas en torno al 50% VO_2 max) mediante la fosforilación oxidativa en la mitocondria.



Fuente: Stuart Ira Fox: *Fisiología humana*, 14e: www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

Figura 2. Vía de los fosfágenos



*Figura 3. Vía de la glucólisis

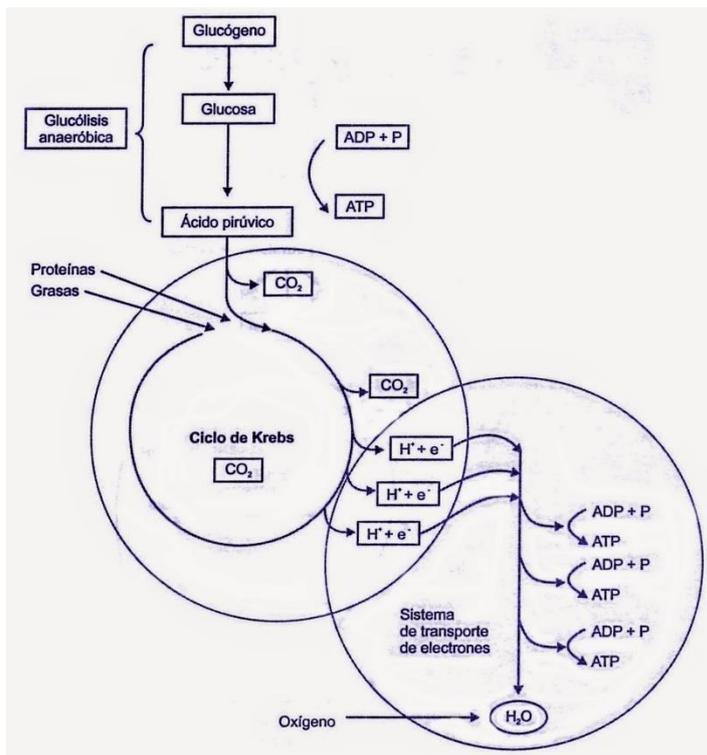


Figura 4. Vía oxidativa

Estas vías para la obtención de energía no funcionan simultáneamente, por lo que predominan unas u otras dependiendo de la intensidad y la duración del esfuerzo (figura 1). En el CrossFit se realizan ejercicios de distinta duración y de distinta intensidad, lo que hace que se utilizan las 3 vías para la obtención de energía.

Carga de trabajo y cambios a nivel endocrino, metabólico y hormonal

En el entrenamiento de CrossFit se producen cambios a nivel endocrino, metabólico y hormonal, además, hay un proceso de inflamación. Estos cambios se deben a la carga de trabajo. Tal como lo define West et al. 2021 (25) la carga de trabajo o de entrenamiento es la cantidad acumulada de estrés en un individuo de múltiples sesiones y juegos durante un periodo de tiempo. Se puede dividir en dos componentes: carga externa, que son los factores estresantes externos aplicados

a un atleta; y carga interna, que es la respuesta psicofisiológica del atleta. Para obtener un rendimiento óptimo sin aumentar el riesgo de lesiones, hay que monitorizarla y gestionarla adecuadamente.

Las fracturas por estrés óseo se relacionan con la carga acumulativa producida por errores en la gestión de la carga de entrenamiento. Contribuye a la fatiga ósea y puede llevar a una rotura ósea tras 3 o 4 semanas. La capacidad del esqueleto para resistir la carga es distinta en cada deportista y está determinada por su masa, estructura y calidad del material. Por ello, se debe adecuar y adaptar la carga de entrenamiento a cada atleta (26).

Las hormonas testosterona y cortisol aumentan después del entrenamiento y se mantienen elevados hasta las 48 horas, siendo la testosterona más elevada en sujetos sobreentrenados. La GH fue mayor una hora después del entrenamiento combinado de resistencia y fuerza, y mayor en sujetos entrenados que inactivos. Las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) mostraron valores normales. De los marcadores metabólicos, el lactato se eleva inmediatamente después del entrenamiento, mientras que colesterol, creatina, transaminasas GOT y GPT no muestran diferencias. Las reservas de glucógeno disminuyen después del entrenamiento. Para medir el proceso inflamatorio, se valoran creatin-kinasa, que aumentó tras el entrenamiento y se normalizó a las 72 horas; IL-6 e IL-10, aumentando únicamente IL-6 (27).

La realización de 3 WOD (Cindy, saltos de cuerda de doble salto y power cleans) con altas intensidades se relaciona con beneficios cardioprotectores y con una mejora del VO2 máx. en comparación con intensidades más moderadas. Con una intensidad tan elevada, los periodos de recuperación son esenciales para evitar fatiga muscular y lesiones (28).

Estrés metabólico y resistencia anabólica

El estrés metabólico fue descrito por Freitas et al. 2017 (29). Es un proceso fisiológico que tiene lugar durante el ejercicio en respuesta a la baja energía que conduce a la acumulación en las células musculares de metabolitos tales como lactato, fosfato inorgánico e iones de hidrógeno. Esta acumulación disminuye la liberación hormonal, la hipoxia, la hinchazón celular y la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), componentes que pueden iniciar la señalización anabólica para el crecimiento muscular y las adaptaciones en el metabolismo energético. El entrenamiento de potencia o fuerza tiene un gran impacto en el aumento de la acumulación de metabolitos, influyendo así en la síntesis de proteínas musculares. La aparición de estrés metabólico y su magnitud la determina la carga de trabajo, que depende de la intensidad, volumen, intervalo de recuperación y el tipo de entrenamiento. La aparición de

estrés metabólico conduce a un incremento de la resistencia anabólica, que no va a permitir la síntesis de proteínas musculares (MPS).

La resistencia anabólica se define como el bloqueo de la MPS ante estímulos anabólicos, como la ingesta de proteínas o el ejercicio, en el tejido muscular esquelético lo que refuerza la pérdida de masa muscular esquelética y conduce a disminuciones en el rendimiento físico en estas poblaciones(30). Es el principal regulador de la atrofia del músculo esquelético, acelerada por la inactividad física y el desuso muscular. Pacientes con ciertas enfermedades críticas sufren una rápida degradación muscular, a causa de una mayor demanda de aminoácidos en los órganos afectados (31). A partir de los 40 años, los niveles de testosterona en sangre posterior al ejercicio disminuyen, lo que conlleva una disminución de los efectos anabólicos en el músculo esquelético, afectando negativamente al rendimiento neuromuscular, la masa muscular y la densidad mineral ósea. Sin embargo, con una práctica regular de ejercicio y una alimentación adecuada aumentan los niveles de hormonas anabólicas en adultos mayores (32).

Fatiga en el entrenamiento

La fatiga muscular se define como la incapacidad de los músculos de mantener la fuerza requerida para una determinada tarea (33). Uno de los mecanismos que dan lugar a la fatiga es la inhibición de la contracción muscular, causada por la acumulación de productos metabólicos como el lactato, que reduce el pH y genera acidosis metabólica (34). La fatiga muscular de corta duración se produce por el sobreentrenamiento, sub-entrenamiento/desacondicionamiento o lesiones físicas, que conducen al agotamiento de las reservas energéticas como el glucógeno. La fatiga neuromuscular se cuantifica calculando la pérdida de capacidad del músculo para generar potencia después del ejercicio en la prueba de salto de contra movimiento (CMJ). El tiempo de recuperación de la fatiga muscular temporal o de corta duración, dependerá de la intensidad y la duración de la tarea física, variando de 3 a 5 días. Se puede acelerar con una buena alimentación, masajes, compresión en frío o ingesta de analgésicos ligeros.

En cambio, esta fatiga puede persistir y ser más grave, puesto que se asocia a estados patológicos o a la exposición crónica a medicamentos o compuestos tóxicos. En este caso, el individuo se siente frágil constantemente. Suele producirse por envejecimiento, sedentarismo, resistencia a la insulina, entre otras (33).

Lesiones en el CrossFit

El entrenamiento de CrossFit tiene una tasa de incidencia de lesiones similar al de la halterofilia, el levantamiento de pesas y la gimnasia. Se analizaron varios estudios para conocer el motivo de las lesiones, las áreas más frecuentes y cómo poder evitarlas (35–37). Rodríguez et al. 2022

(35) observaron que la prevalencia media de lesiones es de 35,5%, siendo las áreas más lesionadas el hombro, la columna vertebral y la rodilla. Se asociaron a distintos factores de riesgo tales como la edad avanzada, el sexo (los hombres se lesionan más), la falta de supervisión de un entrenados, la experiencia en CrossFit y la participación en competiciones. Wagener et al 2020 (36) coincidió en la prevalencia de lesiones y las zonas afectadas, añadiendo la cadera, los codos y las muñecas. También compara la tasa de lesiones del CrossFit (2,4-3,3/1000h de entrenamiento) con otros deportes, como el levantamiento de pesas de élite en hombres (0,42-0,53/1000h), el cual tiene una tasa de lesión menor, o el fútbol (7,8/1000h) cuya tasa es mucho mayor. Da Costa et al. 2019 (37) encuestaron a más de 400 atletas de CrossFit obteniendo que el 37,9% de los participantes habían sufrido una lesión durante la práctica de CrossFit, siendo la probabilidad de lesión mayor en los atletas de nivel competitivo frente a los atletas de nivel recreativo y atletas principiantes.

Monitorización del entrenamiento y recuperación post-entrenamiento

Las lesiones se producen por la combinación de varios factores, como la carga de trabajo. Una lesión puede resultar de la acumulación de carga de trabajo impuesta con una fuerza superior a la capacidad permitida por el tejido biológico involucrado, es decir, imponer un trabajo que no pueden aguantar músculos, tendones y huesos. Sin embargo, con una adecuada monitorización podemos evitar este tipo de lesiones.

La monitorización se define como la verificación de las respuestas a las cargas de entrenamiento realizadas que fueron planificadas previamente por el entrenador, siendo la cuantificación la suma de las cargas de entrenamiento realizadas de forma efectiva, y la regulación el ajuste de las cargas de entrenamiento en relación con la respuesta del atleta. La fatiga muscular acumulada por una mala monitorización de las cargas puede conducir a lesión. Esto unido a una recuperación inadecuada post-entrenamiento, el riesgo de sufrir una lesión aumenta exponencialmente. Para una recuperación adecuada tras la realización del ejercicio, las opciones son múltiples, pero no todas igual de efectivas e importantes, siendo según la pirámide de la recuperación de un artículo de la revista Human Kinetics el sueño y tiempo de inactividad y la nutrición e hidratación.



Figura 5. Pirámide de la recuperación. Traducido de human kinetics (38)

4. Estrategias nutricionales y ayudas ergogénicas

Estrategias nutricionales

Los deportistas tienen unas necesidades energéticas básicas que cubren las funciones mínimas del organismo. Estas necesidades se conocen como el gasto energético basal. Con este gasto y el factor de actividad obtenemos el gasto energético total. La peculiaridad de los deportistas frente a la población general es el aumento de las necesidades energéticas totales por la actividad física realizada. Este gasto energético es importante para obtener un rendimiento máximo y reducir la fatiga, optimizar la recuperación muscular y trabajar en el ajuste de la CC. Hay que distinguir las recomendaciones sobre alimentación saludable y equilibrada que se manejan para población general y alimentación enfocada al deportista. Sus requerimientos nutricionales y energéticos son especiales y en muchas ocasiones no cumplen con las ingestas diarias recomendadas (RDI) para población general.

Para adecuar la alimentación a la práctica deportiva, es importante conocer la carga del entrenamiento para adecuar la nutrición al gasto energético. Conocer el volumen, frecuencia e intensidad del entrenamiento nos va a permitir entender y conocer las necesidades del deportista y cómo adaptar su alimentación. También debemos conocer otros factores como el tiempo de recuperación de cada sesión, las sensaciones del deportista, etc. Para que la alimentación de un deportista sea adecuada, debe tener primero unas bases de alimentación equilibrada y saludable, sobre la cual se implementará nutrición aplicada al deportista y suplementación.



Figura 6. Pirámide de alimentación en deportista

CrossFit.com (4) proporciona recomendaciones dietéticas para su comunidad y un curso de formación. Resume su patrón de alimentación saludable: “Coma carne y verduras, nueces y semillas, algo de fruta, poco almidón y nada de azúcar. Mantenga la ingesta a niveles que apoyen el ejercicio, pero no la grasa corporal”, lo cual es muy similar a una dieta paleo. Esta dieta asegura que estamos predispuestos para comer lo que comían nuestros antepasados del paleolítico, basándose en el consumo de vegetales, carne y pescado y desplazando el consumo de lácteos, legumbres y cereales. CrossFit.com recomienda [The Zone Diet](#) (39), que es el punto de partida para determinar la distribución óptima de macronutrientes para el rendimiento físico, con una distribución de 40% hidratos de carbono (HCO), 30% proteínas y 30% grasas.

Ayudas ergogénicas

Se evaluó en distintos estudios la tendencia de ingesta dietética y el uso de suplementos en atletas de CrossFit, así como la adecuación del consumo a las recomendaciones del International Society of Sport Nutrition (ISSN) (40–42). Brisebois et al. (40) obtuvo que el 60% practica una dieta específica y más del 80% toma suplementos. Los deportistas con más experiencia, los entrenadores CrossFit y los competidores tenían más probabilidad de seguir una dieta y tomar suplementos. La estrategia nutricional de conteo de macronutrientes es la más utilizada, seguida del ayuno intermitente y la dieta paleo. Los suplementos más utilizados son proteína, seguido de creatina y de preentrenamiento. El consumo de multivitamínico y omega 3, también es notable. Las principales razones para practicar una dieta son mejorar la salud general, disminuir la grasa corporal y mejorar el rendimiento en CrossFit. Mientras que el uso de suplementos se debe a una mejora de la recuperación, la mejora de la salud general y al aumento de masa muscular. Maxwell et al., 2017 (41) quiso evaluar los conocimientos nutricionales de los entrenadores de CrossFit. Estos consideran la nutrición como algo extremadamente importante para el rendimiento deportivo, pero calificaron que su conocimiento en nutrición deportiva no era adecuado, puesto que había recibido de media 40 horas de educación nutricional. Los regímenes dietéticos más comúnmente recomendados fueron la dieta Paleo y Zona. En el estudio realizado por Gogojewicz et al., 2020 (42), se valoró

la ingesta dietética de un grupo de personas entrenados en CrossFit. Obtuvieron que la ingesta energética menor que las [recomendaciones del ISSN](#), siendo este déficit nutricional a expensas de HCO. Consumen en torno a 4g/kg, mientras que la ISSN recomienda de 5 a 8 g/kg. La ingesta de proteínas y de grasas sí se adecúa a las recomendaciones, con 1,5 g/kg de proteína y 30% de grasas. EL contenido de hierro y calcio en es menor a las recomendaciones. La [baja disponibilidad energética](#) (43) es un fenómeno muy frecuente tanto en el CrossFit como en deportes de largas distancias y competiciones con categorías por peso.

Por ayuda ergogénica entendemos cualquier técnica de entrenamiento, dispositivo mecánico, ingrediente o práctica nutricional, método farmacológico o técnica psicológica que pueda mejorar la capacidad de entrenamiento o mejorar las adaptaciones al ejercicio. Un suplemento nutricional es ergogénico si los estudios revisador por pares demuestran que mejora significativamente el rendimiento del ejercicio o si mejora agudamente la capacidad de un atleta para realizar una tarea de ejercicio o mejora la recuperación de una sesión de ejercicio (44). Dos Santos Quaresma et al., (45) estudiaron el efecto de varios suplementos e intervenciones dietéticas en el CrossFit. Se valoró el efecto de dieta alta en HCO, dieta cetogénica, cafeína, nitratos, proteína whey, té verde, betaina y bicarbonato de sodio. Únicamente la suplementación con sodio-bicarbonato mejoró el rendimiento del entrenamiento. Los profesionales del CrossFit utilizan suplementación con triglicérido de cadena media (MCT), aminoácidos, suplementos amortiguadores o dietas restrictivas buscando una mejora del rendimiento.

Garthe y Maughan, 2018 (46) demostraron que el [uso de suplementos dietéticos en atletas de alto rendimiento](#) (47) es común con el objetivo de minimizar las deficiencias de nutrientes en su dieta, aumentar el rendimiento, mejorar la composición corporal o mejorar los resultados de salud específicos. Casi el 80% de los encuestados informaron el uso de suplementos, siendo mayor el uso en modalidades como RX (“As Prescribed” o según lo prescrito) y en la élite del deporte. Los principales objetivos de su consumo son aumento del rendimiento (más del 50%), aumento de la masa muscular (más del 30%), reducir la grasa corporal (casi 10%) y prevenir lesiones (en torno al 3%).

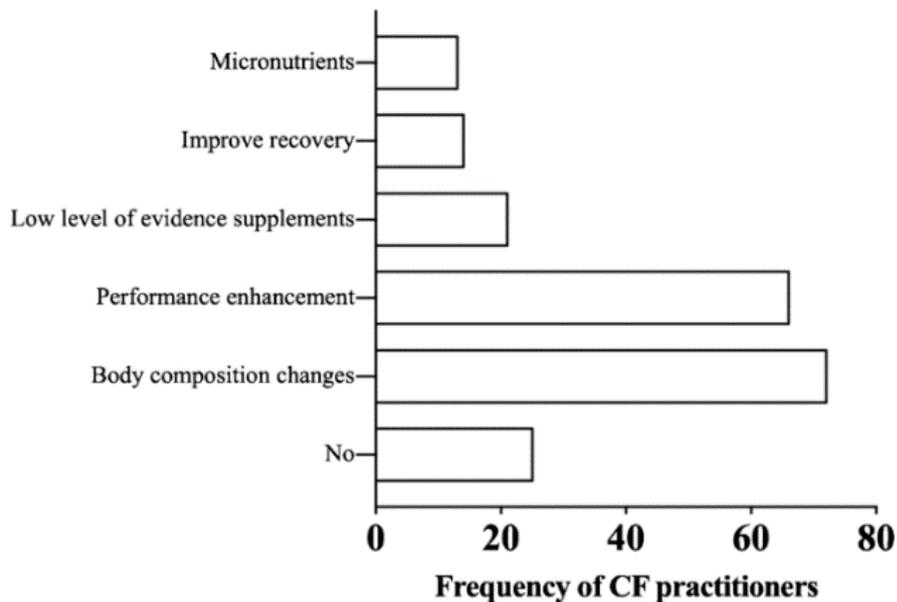


Figura 7. Frecuencia de uso de suplementos en CrossFit según la clasificación del COI

Baja disponibilidad energética (LEA) y RED-S

La baja disponibilidad energética o LEA (Low Energy Availability) se produce cuando un sujeto no consume suficiente energía para mantener las funciones fisiológicas básicas y cubrir el gasto de energía del ejercicio. Está relacionado con una ingesta energética baja o una actividad física muy elevada. Su presencia se asocia a factores de riesgo como una alimentación desordenada compulsiva, alimentación mal administrada e informada y comportamientos de ejercicio compulsivo. Por tanto, puede darse de manera intencionada por una búsqueda compulsiva de un tamaño o CC específico, o darse de forma involuntaria por una ingesta insuficiente involuntaria o por un gasto energético muy elevado para el que no se aporta la energía suficiente. Las consecuencias que tiene LEA en caso de persistir alteran la fisiología del cuerpo, incluyendo la función menstrual, salud ósea, metabolismo, inmunidad y salud cardiovascular (43).

El estado de LEA es el factor causante de la deficiencia de energía relativa en el deporte (RED-S), que reemplaza a la antigua triada de la atleta femenina, ya que se ven afectados sistemas menstruales, óseos y rendimiento, así como otros muchos sistemas.



Figura 8. Efectos potenciales en el rendimiento de RED-S. Traducido del COI (48)

No afecta exclusivamente a mujeres, pero sí difiere la gravedad de las anomalías asociadas con LEA y el desarrollo de RED-s entre sexos. estas anomalías incluyen: salud ósea comprometida, anomalías metabólicas, disfunciones menstruales, disminución de la función inmune, déficits cardiovasculares y función endocrina alterada, que pueden ser perjudiciales para la salud de los atletas y potencialmente irreversibles a largo plazo (43).

Justificación del estudio

La propia empresa de CrossFit da unas recomendaciones nutricionales y de ayudas ergogénicas nutricionales con las que no se cubren los requerimientos energéticos del deportista. Esto deja ver el desconocimiento que hay en este tema. Los entrenadores de CrossFit son quienes dan recomendaciones nutricionales, y ellos mismo reconocen el desconocimiento del tema recibiendo de media unas 40 horas de formación nutricional. Esto hace que la alimentación en estos atletas no sea adecuada, viéndose perjudicado el rendimiento deportivo. Otro tema que destacar es la falta de información acerca de la nutrición en relación con el CrossFit ante la creciente popularidad de este nuevo deporte.

La línea de CrossFit te vende una línea nutricional, que no se basan en la evidencia científica. Por lo que hay carencias. intentan vender sus productos. es necesario que haya alguien que entienda del deporte y de estrategias nutricionales.

Objetivos del estudio

Como consecuencia de la falta de información ya mencionada, es necesaria la intervención de profesionales de la nutrición humana y dietética en el mundo del CrossFit.

El objetivo principal de este estudio es poner en valor el CrossFit como modalidad deportiva emergente, así como entrenamiento utilizado en otras disciplinas deportivas para la mejora de la condición física. Para su desarrollo cubriremos los siguientes objetivos específicos:

- Poner en valor la importancia del CrossFit en el estado de forma física de la población general
- Demostrar la posibilidad de utilizar el CrossFit como entrenamiento para personas con sarcopenia
- Poner de manifiesto las diferentes estrategias para evitar las lesiones causadas por la fatiga muscular en el CrossFit
- Conocer los requerimientos nutricionales en el desarrollo de la práctica y demostrar la necesidad de un especialista en nutrición en el CrossFit

Material y métodos

Se realizó una revisión encaminada a resaltar la importancia de una correcta alimentación en el CrossFit, consultando revisiones y estudios científicos sobre el tema. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo cotejando los resúmenes y aplicando los criterios inclusión y exclusión. Se hicieron búsquedas en las siguientes bases de datos electrónicas en enero, febrero y marzo del 2023:

- PubMed
- SportScience
- Scielo
- Google académico
- JISSN (revista de sociedad internacional de nutrición deportiva)
- EFSA
- FDA

Por la reciente aparición y crecimiento del CrossFit, aparecen citas a páginas web o pdf, procediendo de fuente igualmente fiables, como Human Kinetics o la propia página de CrossFit.

En la búsqueda bibliográfica se seleccionaron las siguientes **palabras clave**: CrossFit, nutrición (nutrition), suplementos (supplements) ayudas ergogénicas (ergogenic aids), salud, (health), fatiga (fatigue) y prevención de lesiones (injury prevention).

Fueron utilizados junto a los **descriptores booleanos o lógicos** and, not, or; junto a () para agrupar bloques de términos: CrossFit and nutrition, (injury prevention) and CrossFit, CrossFit and supplements, etc.

Para cumplir con los **criterios de inclusión**, se consideraron estudios publicados en los últimos 5 años, cuyo idioma original de publicación fuese inglés o español. Se analizaron ensayos clínicos, revisiones y metaanálisis.

Los **criterios de exclusión** fueron el no cumplimiento de los criterios de inclusión.

Pese a la reciente aparición del CrossFit, llama la atención el elevado número de artículos publicados que nos indica la enorme trascendencia que está teniendo dicha disciplina. Sin embargo, los estudios relacionados con la seguridad del deportista y la prevención de lesiones son escasos, al igual que las pautas de nutrición adecuadas.

Aplicando los criterios de inclusión y utilizando las palabras clave y descriptores, he obtenido 665 estudios, de los cuales he incluido 47 en la presente revisión.

En este documento se adhirieron las directrices de presentación de informes de Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

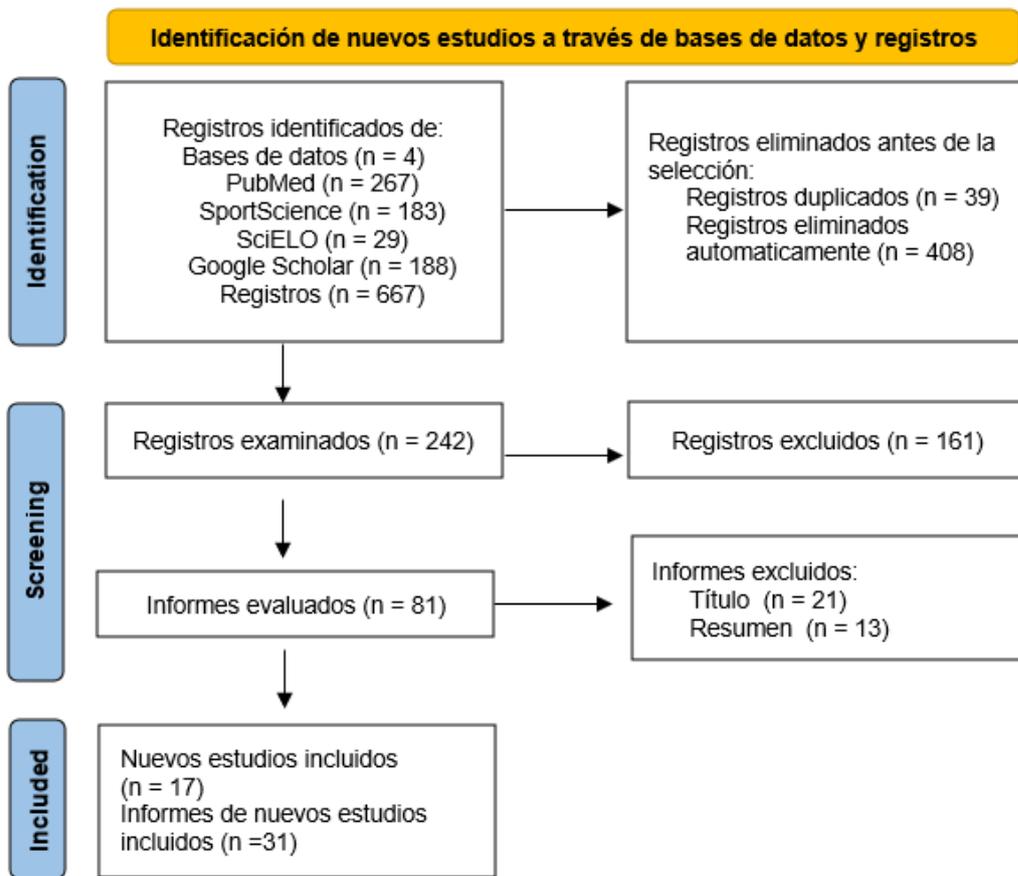


Figura 9. Diagrama de flujo PRISMA (49)

Resultados

La búsqueda inicial de CrossFit reportó 665 resultados, de los cuales 39 eran duplicados, y 408 eliminados automáticamente. Se examinaron 240 registros. Cuando se aplicaron los criterios de inclusión, se incluyeron 79 estudios. Finalmente se admitieron 46 artículos, de los cuales 18 eran nuevos estudios, mientras que 28 eran revisiones.

Tabla 2. Cuadro de resultados de nuevos estudios

	Aspectos	Muestra	Intervención o método de análisis	Principales conclusiones
Meier et al (5)	Caracterización del perfil de rendimiento de referencia de los atletas estadounidenses y alemanes en CrossFit	66 atletas masculinos y 96 femeninos.	Cuestionario de 19 ítems	Establece perfiles de rendimiento de referencia de CrossFit para así comprender mejor el rendimiento de CrossFit
Menargues-Ramirez et al (9)	Definir las características antropométricas de los deportistas y su influencia en el rendimiento	27 deportistas, 19 varones y 8 mujeres	Los atletas realizaron los entrenamientos FRAN, Cindy y Kelly, estableciendo marcas mínimas y el entrenamiento para evaluar la fuerza máxima	El atleta de CrossFit tiene bajo %MG, un tamaño relativamente pequeño y un alto %MM.
Sousa et al (11)	Evaluación de los efectos de diferentes intensidades aeróbicas combinadas con el mismo entrenamiento de resistencia	39 hombres físicamente activos	Se establecieron cuatro grupos con distinta intensidad de entrenamiento	El entrenamiento simultáneo parece ser beneficioso para la fuerza y desarrollo aeróbico. Las ganancias de fuerza son mayores en intensidades más bajas
Chtara et al (13)	Examinar la influencia del orden de secuencia del entrenamiento de resistencia de alta intensidad y el entrenamiento de circuito de los cambios en la fuerza muscular y la potencia anaeróbica	48 estudiantes de CAFyD	5 grupos con distinto entrenamiento que realizaron 2 sesiones por semana durante 12 semanas.	La secuencia de entrenamiento intrasesión no influyó en la respuesta adaptativa a la fuerza y potencia explosivas. El entrenamiento en circuito indujo mejoras de fuerza y potencia mayores que la doble sesión de entrenamiento de resistencia.
Wang y Yao (17)	Analizar los impactos del entrenamiento de CrossFit en el rendimiento de atletas de tenis	50 tenistas profesionales	Se analizaron los niveles de resistencia deportiva y rendimiento antes y después de la competición	El entrenamiento de CrossFit puede mejorar la resistencia deportiva de los tenistas, desempeñando un papel positivo en la mejora del nivel de los jugadores.

Avetisyan et al (18)	Examinar la efectividad de un programa de entrenamiento basado en CrossFit para mejorar la aptitud física general y específica del deporte de los judocas de 10 a 12 años	20 participantes masculinos	Se dividió en dos grupos: entrenamiento basado el CrossFit y entrenamiento tradicional; y se analizaron distintos parámetros de rendimiento	El uso de entrenamientos basados en CrossFit tuvo un efecto positivo en las habilidades de velocidad-fuerza, resistencia y fuerza muscular de los judocas de 10 a 12 años
Li et al (20)	Explorar los efectos de la práctica de CrossFit en el rendimiento deportivo de atletas de baloncesto	16 atletas	2 grupos, uno con entrenamiento adaptado basado en CrossFit, otro con entrenamiento tradicional	La aplicación del entrenamiento de CrossFit demostró mejorar eficazmente el nivel físico, forma física y rendimiento deportivo en jugadores de baloncesto.
Zeitz et al (21)	Examinar el valor de la aptitud aeróbica, CC y fuerza corporal total en el rendimiento de dos entrenamientos	13 hombres y 9 mujeres	Realizaron 2 entrenamientos de CrossFit y se analizaron datos relativos al rendimiento	El rendimiento en estos dos entrenamientos podría predecirse mediante distintas mediciones de aptitud física basadas en el laboratorio
Mangine et al (22)	Examinar las relaciones entre el rendimiento en CrossFit Open, experiencia y aptitud fisiológica	16 atletas experimentados	Se realizaron dos análisis de sangre y se midieron las puntuaciones del CrossFit Open 2018	De los parámetros medidos, la composición corporal fue la más influyente en la competición.
Mangine et al (24)	Examinar las diferencias y relaciones entre composición corporal y rendimiento de HIFT	95 adultos divididos en grupos de edad, sexo y nivel.	Completaron el entrenamiento de referencia FRAN	La influencia de la composición corporal en el tiempo de "Fran" parece variar tanto por la clase de competencia como por el rango percentil
Maté-Muñoz et al (28)	Evaluación de la fatiga e intensidad en las 3 modalidades de CrossFit	32 hombres sanos	Completaron 3 WOD en 4 semanas distintas y se midieron concentración de lactato en sangre, esfuerzo percibido y fatiga muscular	Los resultados indican que la intensidad de los 3 WOD es vigorosa, lo que se relaciona con beneficios cardioprotectores, siendo los períodos de recuperación son esenciales para evitar fatiga muscular y lesiones
Maté-Muñoz et al (34)	Evaluar los niveles de fatiga muscular inducidos por las 3 modalidades de CrossFit.	34 sujetos sanos	Realizaron un WOD/semana, midiendo antes y después de cada WOD las concentraciones de lactato en sangre	La fatiga muscular se produjo después de las sesiones de gimnasia y levantamiento de pesas.

Da Costa et al (37)	Determinación de la prevalencia de lesiones asociadas al entrenamiento de CrossFit y evaluación de los perfiles de las lesiones	414 respuestas	Cuestionario administrado a los profesionales del gimnasio afiliados a CrossFit en Sao Paulo	La tasa de lesión fue 3,24 lesiones/ 1000 horas de entrenamiento, con un probabilidad de lesión un 82,2% en 12 meses (5 veces mayor a nivel competitivo)
Brisebois et al (40)	Recopilar datos sobre la práctica de conteo de macros, ayuno intermitente y dieta paleo y uso de suplementos.	2567 respuestas, de los cuales 695 fueron entrenadores de CrossFit	Cuestionario electrónico sobre dieta Paleo y The Zone Diet, uso de suplementos, y fuentes de información	Hay una gran proporción de practicantes de CrossFit que practican dietas populares o consumen suplementos.
Maxwell et al (41)	Identificar el conocimiento, percepciones, recursos y consejos sobre nutrición deportiva dados por los entrenadores certificados de CrossFit	289 entrenadores CrossFit	Cuestionario en línea que midió cuatro parámetros solo a entrenadores de CrossFit certificados	Hubo correlación positiva entre las horas auto informadas de educación nutricional de un entrenador CrossFit y la puntuación obtenida en el cuestionario.
Gogojewicz et al (42)	Evaluación de la ingesta dietética habitual y estado nutricional en un grupo seleccionado de participantes entrenados en CrossFit	31 hombres y 31 mujeres libres de lesiones	Registro de alimentos 3 días	La dieta de los participantes indica irregularidades nutricionales, siendo el aporte de energía, HCO, Fe y Ca insuficiente.

De los nuevos estudios incluidos, un total de 3893 participantes, de los cuales 2981 respondieron un cuestionario, mientras que 912 se sometieron a programas de entrenamiento de CrossFit y completaron los estudios.

Los 46 estudios sobre los que hemos trabajado utilizaron diferentes protocolos de entrenamiento: 2 estudiaron la CC de los atletas de CrossFit, 1 evaluó los efectos de diferentes intensidades de entrenamiento, 1 examinó la influencia del orden de secuencia del entrenamiento, 3 evaluaron la efectividad del entrenamiento de CrossFit en otros deportes, 2 examinaron el rendimiento de distintos entrenamientos CrossFit, 2 evaluaron la fatiga en las distintas modalidades de CrossFit, 1 determinó la prevalencia de lesiones y 3 evaluaron la ingesta y uso de suplementos por los practicantes y entrenadores de CrossFit.

De los resultados de búsqueda obtenidos, únicamente 8 artículos (5,9,17,20–22,24,25) se relacionan con el rendimiento deportivo. Este hace notar la necesidad de nuevos estudios sobre el tema.

Discusión

Para cumplir los objetivos que hemos diseñado, se ha elaborado esta discusión abordando 4 aspectos fundamentales:

- Importancia del CrossFit en el estado de forma física de la población general
- CrossFit como entrenamiento para personas con sarcopenia
- Evitar lesiones causadas por la fatiga
- Requerimientos nutricionales en el desarrollo de la práctica

El CrossFit es una disciplina deportiva emergente, cuyo crecimiento en los últimos años está siendo exponencial. Además, CrossFit.com es una marca comercial creada por Greg Glassman. En la presente revisión se recopiló información sobre dicha disciplina: cómo es un entrenamiento de CrossFit, cuál es la CC ideal para los crossfiteros, qué alteraciones se producen en nuestro organismo y las estrategias nutricionales y ayudas ergogénicas utilizadas en este deporte. También se evaluaron otros aspectos como los factores que influyen en el rendimiento deportivo o la fatiga y prevalencia de lesiones.

Importancia del CrossFit en el estado de forma física de la población general

Para la población general, el objetivo del CrossFit es contribuir a una optimización de la condición física, realizando ejercicios de forma rápida y repetitiva con un tiempo de recuperación corto o nulo entre series. Para ello es imprescindible una técnica correcta con una programación de la carga de entrenamiento adecuada, disminuyendo así el riesgo de lesión.

Recientes estudios (36) muestran mejoras de varios parámetros de salud de aptitud física así como el aumento de la capacidad aeróbica y una influencia positiva en la CC, fuerza, flexibilidad, potencia, equilibrio. Además de mejorar la condición física, también se ven efectos positivos en el estado de ánimo y los aspectos sociales, así como en factores motivacionales y el sentido de la comunidad. Hay más estudios que apoyan la mejora de la condición física en población general con el entrenamiento de CrossFit. Concluyen que CrossFit es eficiente para el desarrollo de fuerza y resistencia así como potencia, velocidad y precisión (8).

Estudios referentes al entrenamiento HIFT (16) muestran que en población general, los resultados de este método de entrenamiento son iguales a los obtenidos con la modalidad CrossFit, teniendo un papel significativo en la salud y mejorando las habilidades físicas y funcionales.

Otros estudios como el de Claudino et al (1), obtuvo que con el entrenamiento de CrossFit además de la mejora de la condición física y de la salud, se obtenía mayor sentido de comunidad

en las sesiones de CrossFit, aumentando la interacción social, lo que ayuda a la adherencia de los participantes al plan de entrenamiento. También se mostró un aumento en la motivación, siendo mayor en CrossFit que en otros grupos de entrenamiento.

Por tanto, cuando hablamos de población general, el CrossFit es una disciplina que aporta gran número de beneficios para aquellos que lo practican, aportando beneficios más allá de la condición y la forma física.

CrossFit como entrenamiento para personas con sarcopenia

La [sarcopenia](#) se define como la pérdida progresiva de masa muscular y función en ausencia de cualquier enfermedad notable. Sus principales consecuencias son la disminución de la fuerza muscular, movilidad y función, así como un aumento de la fatiga, riesgo de trastornos metabólicos y riesgo de caídas y fracturas esqueléticas (50). En sujetos jóvenes, la pérdida de masa muscular puede ser reversible, mientras que en sujetos más mayores parece irrecuperable. La edad más avanzada también supone, mayor susceptibilidad a lesiones inducidas por la contracción y una disminución de la capacidad de recuperación de una lesión, facilitando la atrofia muscular y debilidad (51).

Es de destacar la falta de artículos que hablen sobre la influencia del CrossFit como entrenamiento en personas con sarcopenia, puesto que la incidencia de la sarcopenia en nuestro mayores es muy elevada, afectando a una cuarta parte de las personas menores de 70 y casi la mitad de mayores de 80 muestran signos de sarcopenia.

Recientes estudios (52) demuestran que la práctica de entrenamiento tanto de resistencia como mixto (entrenamiento de resistencia combinado con equilibrio o entrenamiento aeróbico) tienen efecto positivo en el tratamiento de la sarcopenia, mejorando la fuerza de extensión de rodilla, las pruebas de rendimiento físico de Timed Up and Go o TUG (utilizadas para valorar el riesgo de caída) y la velocidad de la marcha. Otro tipo de entrenamiento que mejora la sarcopenia es el de vibración de cuerpo entero, aumentando los resultado de TUG.

La sarcopenia se produce principalmente por la falta de actividad física, lo cual es un factor de riesgo modificable. Por tanto, podríamos evitar la sarcopenia en personas de avanzada edad con una adecuada pauta de ejercicio físico. Estudios como el de Nascimento et al (53) afirman que el ejercicio físico regular se ha convertido en un tema clave para la prevención no solo de sarcopenia, sino también de enfermedades crónicas. Sin embargo, añade que exclusivamente con ejercicio no se consigue el efecto deseado en el aumento de masa muscular, y debe ir

acompañado de una adecuada pauta nutricional e incluso de ayuda farmacológica en caso de ser necesario.

Por tanto, podríamos evitar esta pérdida progresiva de masa muscular, con unas pautas adecuadas de ejercicio físico y de alimentación. siendo para ello el CrossFit una herramienta excepcional, puesto que sus ejercicios se adaptan a todo tipo de personas. Respecto a la nutrición, como ya hemos mencionado, es necesaria la incorporación de dietistas-nutricionistas en este deporte, al igual que es esencial acompañar el ejercicio físico regular como tratamiento de la sarcopenia con una adecuada alimentación.

Evitar lesiones causadas por la fatiga muscular

Como ya hemos mencionado, la fatiga muscular se produce por el sobreentrenamiento, subentrenamiento/ desacondicionamiento o lesiones físicas, que conducen al agotamiento de las reservas energéticas como el glucógeno(33). Esta fatiga muscular disminuye la capacidad de los músculos para completar una tarea con una carga constante. En estudios ya mencionados, como el de Claudino et al (1) se observó que el 74% de los participantes de CrossFit sufrieron al menos una lesión, con una tasa de lesiones de 3.1 eventos cada 1000 h de entrenamiento, siendo las lesiones más comunes las que afectaron a hombro y espalda baja, seguidos por brazo o codo.

Las lesiones se producen por la combinación de varios factores. Uno de estos factores es la carga de trabajo. Una lesión puede resultar de la acumulación de carga de trabajo impuesta con una fuerza superior a la capacidad permitida por el tejido biológico involucrado, es decir, músculos, tendones y huesos. Sin embargo, con una adecuada monitorización, podrían evitarse este tipo de lesiones.

Maté – Muñoz et al (28) además de la fatiga muscular en diferentes entrenamientos de CrossFit, evaluaron las respuestas cardio metabólicas. Los resultados mostraron que las altas intensidades de ejercicios se relacionan con beneficios cardioprotectores, mejorando el VO₂máx en comparación con intensidades más moderadas. Sin embargo, concluye que es necesario para cualquier ejercicio de alta intensidad incluir periodos y métodos de recuperación para así evitar la fatiga muscular y las lesiones.

Da costa et al (37) aplicaron un cuestionario en centros afiliados a CrossFit, donde observaron cómo las lesiones son más frecuentes entre atletas de nivel competitivo que en atletas recreativos y principiantes, siendo la probabilidad de lesión 5 veces mayor. Sin embargo, no evalúan la causa de las lesiones.

Para conocer los principales factores de riesgo, Rodríguez et al (35) realizaron una revisión, donde obtuvieron que los principales factores que pueden llegar a producir una lesión son: edad avanzada, sexo masculino, mayor índice de masa corporal, existencia de lesiones previas, periodos de entrenamiento largos, experiencia en el CrossFit (por una mayor exposición), falta de supervisión del entrenador (puede suponer una carga de entrenamiento excesiva) y participación en competiciones. A estos factores, se suma la complejidad de los ejercicios de CrossFit, que hace que los principiantes tienen un mayor riesgo de lesión.

Requerimientos nutricionales en el desarrollo de la práctica

El CrossFit es una disciplina cuyos entrenamientos difieren en gran medida de un día a otro, ya que combina los ejercicios de las 3 modalidades ya mencionadas: gimnasia, halterofilia y condicionamiento aeróbico. Esto hace que los requerimientos nutricionales de cada uno de los días sean igual de variable. Al igual que la recuperación de las sesiones de entrenamiento, que varía dependiendo de la intensidad del WOD. Para un rendimiento óptimo, es fundamental que los atletas de CrossFit obtengan educación nutricional y reciban asesoramiento nutricional adecuado.

Varios autores realizaron encuestas tanto a usuarios de CrossFit como a entrenadores CrossFit evaluando distintos aspectos de su alimentación y su conocimiento sobre nutrición y nutrición deportiva. Maxwell et al (41) realizaron un cuestionario a entrenadores de CrossFit certificados, donde obtuvieron que las fuentes de información nutricional más recurrentes fueron internet y la propia empresa de CrossFit, siendo los dietistas-nutricionistas las fuentes menos reportadas. tanto la dieta paleo, como Zone diet fueron los regímenes dietéticos más comunes recomendados por los entrenadores de CrossFit.

Con ambas dietas, el aporte de HCO es insuficiente, puesto que las demandas energéticas del CrossFit son elevadas, conduciendo a un estado de baja disponibilidad energética, que puede derivar en RED-S. Este estado no solo va a afectar al aspecto deportivo (disminución del rendimiento, aumento del riesgo de lesión, peor coordinación, pérdida de concentración), sino que también va a afectar a su salud: irritabilidad, depresión, aumento del cortisol y disminución de la testosterona, aumento del riesgo de infección y peor sistema inmune, entre otros.

Otro estudio (42) evaluó la ingesta dietética con un registro de alimentos de 3 días y el estado nutricional con bioimpedancia eléctrica de entrenadores CrossFit. Los resultados mostraron que la ingesta energética fue menor que la demandada siendo muy común la baja disponibilidad energética entre los atletas. Además de un bajo consume de HCO, presentaba un bajo consumo

de vitaminas y minerales. Esto supone un riesgo de irregularidades nutricionales, pudiendo conducir a trastornos del estado nutricional y del rendimiento.

Se requiere una ingesta adecuada de HCO para acumular reservas de glucógeno muscular y así proporcionar la energía necesaria para el trabajo muscular, siendo las recomendaciones del ISSN entre 5 y 8 g de HCO/kg de peso para deportes de intensidades similares, puesto que no existe una recomendación cuantitativa para el CrossFit por su enorme variabilidad de ejercicios.

La ingesta de vitaminas y minerales también es crucial para deportistas, debido a la producción de sustancias involucradas en el daño muscular, la disfunción inmune y la fatiga, como por ejemplo las especies reactivas de oxígeno (ROS). Para nivel recreativo, con una alimentación equilibrada se cubren las recomendaciones de vitaminas y minerales, sin embargo, en el más alto nivel es posible que las necesidades de estos nutrientes sean mayores a la cantidad aportada por la dieta.

Respecto al uso de suplementos, Garthe y Maughan (46) recopilaron información sobre varios aspectos. Desde 2015 el 68% de la población de EEUU informó la ingesta de suplementos dietéticos, siendo los más utilizados productos multivitamínicos. Este consumo está impulsado por la creencia de que confieren beneficios para la salud más allá de los que se pueden lograr al comer alimentos normales. En cambio, a nivel deportivo, el uso de suplementos se utiliza para ayudar a la recuperación, mejorar la salud, mejorar el rendimiento, prevenir o tratar una enfermedad y compensar una dieta deficiente.

Otro estudio relativo al uso de suplementos, intervenciones dietéticas y rendimiento en el CrossFit (45) concluyó que a menudo los profesionales de CrossFit adoptan estrategias como la suplementación con MCT, suplementos amortiguadores o dietas restrictivas, creyendo que aumentará su rendimiento, pero sin evidencia científica que lo pueda apoyar. Además, informó de la necesidad de la ingesta de HCO antes de la práctica por un aumento de la absorción de glucosa por el músculo esquelético para una rápida resíntesis de ATP, así como la ingesta de vitaminas y minerales antioxidantes presentes en alimentos tales como frutas y verduras para mejorar el estrés oxidativo y la inflamación, que pueden causar daño celular.

Por último, Brisebois et al (40) evaluaron mediante un cuestionario electrónico la práctica de dietas populares: Paleo, The Zone Diet, conteo de macros o ayuno, el uso de suplementos dietéticos y deportivos. Respondieron entrenadores de CrossFit y competidores en CrossFit. Más de la mitad practicaron una dieta popular, siendo los dietistas-nutricionistas la fuente de información de una cuarta parte de los encuestados. Más del 80% consumieron al menos un suplemento, siendo la más consumida la proteína seguida de la creatina y el preentrenamiento.

Conclusiones

1. El CrossFit ha demostrado ser una modalidad deportiva emergente con un crecimiento exponencial entre la población general, siendo utilizado como entrenamiento en otras muchas disciplinas deportivas.
2. Esta disciplina puede ser una estrategia adecuada tanto para el mantenimiento, como la mejora de la forma física en población general, combinando ejercicios de halterofilia, gimnasia y acondicionamiento metabólico para así trabajar la fuerza y la resistencia aeróbica. Aportando beneficios más allá de la CC, como en motivación y sentido de comunidad.
3. El CrossFit puede actuar de manera muy eficaz contra la sarcopenia, tanto su prevención primaria como secundaria en personas mayores y jóvenes, siempre y cuando se acompañe de una adecuada pauta nutricional. Sin embargo, se necesitan más estudios para poder confirmar dichos hallazgos.
4. La fatiga muscular es la principal responsable de la fatiga y las lesiones y se puede prevenir con la monitorización y las 3R.
 - La combinación de las 3R: relax (sueño y descanso), recuperación energética (ingesta post-entrenamiento) y rehidratación, pueden ser estrategias que consiguen la prevención de la aparición de fatiga muscular y por ende de las lesiones en el CrossFit.
 - La monitorización de las cargas de trabajo y de los tiempos de recuperación, así como la ingesta nutricional, pueden ser estrategias válidas para prevenir la fatiga muscular en el CrossFit.
5. Por lo publicado y leído, las dietas propuestas por la empresa CrossFit.com (dieta paleo, The Zone Diet o conteo de macronutrientes) no parecen ser adecuadas para obtener un rendimiento óptimo y conseguir una mejora de la salud y condición física por su aporte insuficiente que no cubre los requerimientos energéticos del deportista. En cambio, una dieta variada, equilibrada, con una adecuada ingesta de cada uno de los macros y micronutrientes y el uso de los suplementos que se necesiten según el contexto personal, se va a obtener un rendimiento óptimo y una mejora de la condición física.
6. Es necesaria la presencia de un especialista en Nutrición Humana y Dietética para mejorar la alimentación en el CrossFit, y fomentar la educación nutricional en esta disciplina. En términos generales, la alimentación de los deportistas no es adecuada, siendo insuficiente, y consiguiendo un rendimiento subóptimo, así como un perjuicio para la salud.

Referencias

1. Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, Souza H de S, Miranda RC, Mezêncio B, et al. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med - Open*. 26 de febrero de 2018;4:11.
2. Level 1 Training Guide [Internet]. [citado 6 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.crossfit.com/l1-training-guide/>
3. CrossFit Journal by Greg Glassman [Internet]. [citado 28 de febrero de 2023]. Disponible en: http://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ-trial.pdf?_ga=2.48623078.1384945832.1677599700-1804049398.1677599700
4. Glassman G. CrossFit HOME [Internet]. CrossFit.com. [citado 22 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.crossfit.com/>
5. Meier N, Rabel S, Schmidt A. Determination of a CrossFit® Benchmark Performance Profile. *Sports*. 2 de junio de 2021;9(6):80.
6. 2023_CrossFitGames_Rulebook_V5.pdf [Internet]. [citado 21 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.crossfit.com/wp-content/uploads/2021/11/01090453/2023_CrossFitGames_Rulebook_V5.pdf
7. CFG23-Adaptive-Athlete-Policy_V7.pdf [Internet]. [citado 24 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.crossfit.com/wp-content/uploads/2021/11/01090543/CFG23-Adaptive-Athlete-Policy_V7.pdf
8. Schlegel P. CrossFit® Training Strategies from the Perspective of Concurrent Training: A Systematic Review. *J Sports Sci Med*. 19 de noviembre de 2020;19(4):670-80.
9. Menargues-Ramírez R, Sospedra I, Holway F, Hurtado-Sánchez JA, Martínez-Sanz JM. Evaluation of Body Composition in CrossFit® Athletes and the Relation with Their Results in Official Training. *Int J Environ Res Public Health*. 2 de septiembre de 2022;19(17):11003.
10. Lundberg TR, Feuerbacher JF, Sünkeler M, Schumann M. The Effects of Concurrent Aerobic and Strength Training on Muscle Fiber Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl Nz*. 2022;52(10):2391-403.

11. Sousa AC, Neiva HP, Gil MH, Izquierdo M, Rodríguez-Rosell D, Marques MC, et al. Concurrent Training and Detraining: The Influence of Different Aerobic Intensities. *J Strength Cond Res.* septiembre de 2020;34(9):2565.
12. de Souza EO, Tricoli V, Franchini E, Paulo AC, Regazzini M, Ugrinowitsch C. Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance. *J Strength Cond Res.* noviembre de 2007;21(4):1286-90.
13. Chtara M, Chaouachi A, Levin GT, Chaouachi M, Chamari K, Amri M, et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J Strength Cond Res.* julio de 2008;22(4):1037-45.
14. Dominski FH, Tibana RA, Andrade A. "Functional Fitness Training", CrossFit, HIMT, or HIFT: What Is the Preferable Terminology? *Front Sports Act Living.* 26 de mayo de 2022;4:882195.
15. Ben-Zeev T, Okun E. High-Intensity Functional Training: Molecular Mechanisms and Benefits. *NeuroMolecular Med.* 1 de septiembre de 2021;23(3):335-8.
16. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports.* septiembre de 2018;6(3):76.
17. Wang Q, Yao N. IMPACTS OF CROSSFIT TRAINING ON THE TENNIS ATHLETE'S PERFORMANCE. *Rev Bras Med Esporte.* 2023;29:e2023_0012.
18. Avetisyan AV, Chatinyan AA, Streetman AE, Heinrich KM. The Effectiveness of a CrossFit Training Program for Improving Physical Fitness of Young Judokas: A Pilot Study. *J Funct Morphol Kinesiol.* diciembre de 2022;7(4):83.
19. Ameer EBA, Sakhil QH. The impact of training in two styles high intensity and Crossfit training in terms of developing speed endurance and performance endurance for the football player's benefit. *J Humanit Soc Sci Res [Internet].* 2022 [citado 16 de marzo de 2023];1(3). Disponible en: <http://jhssrjournal.com/index.php/journal/article/view/49>
20. Li X. EFFECTS OF CROSSFIT PRACTICE ON THE PERFORMANCE OF BASKETBALL ATHLETES. *Rev Bras Med Esporte.* 7 de abril de 2023;29:e2023_0033.

21. Zeitz EK, Cook LF, Dexheimer JD, Lemez S, Leyva WD, Terbio IY, et al. The Relationship between CrossFit® Performance and Laboratory-Based Measurements of Fitness. *Sports*. 11 de agosto de 2020;8(8):112.
22. Mangan GT, Tankersley JE, McDougale JM, Velazquez N, Roberts MD, Esmat TA, et al. Predictors of CrossFit Open Performance. *Sports*. 20 de julio de 2020;8(7):102.
23. Mangan GT, Stratton MT, Almeda CG, Roberts MD, Esmat TA, VanDusseldorp TA, et al. Physiological differences between advanced CrossFit athletes, recreational CrossFit participants, and physically-active adults. *PLoS ONE*. 7 de abril de 2020;15(4):e0223548.
24. Mangan GT, McDougale JM, Feito Y. Relationships Between Body Composition and Performance in the High-Intensity Functional Training Workout “Fran” are Modulated by Competition Class and Percentile Rank. *Front Physiol*. 27 de mayo de 2022;13:893771.
25. West SW, Clubb J, Torres-Ronda L, Howells D, Leng E, Vescovi JD, et al. More than a Metric: How Training Load is Used in Elite Sport for Athlete Management. *Int J Sports Med*. abril de 2021;42(4):300-6.
26. Warden SJ, Edwards WB, Willy RW. Preventing bone stress injuries in runners with optimal workload. *Curr Osteoporos Rep*. junio de 2021;19(3):298-307.
27. Jacob N, Novaes JS, Behm DG, Vieira JG, Dias MR, Vianna JM. Characterization of Hormonal, Metabolic, and Inflammatory Responses in CrossFit® Training: A Systematic Review. *Front Physiol*. 28 de agosto de 2020;11:1001.
28. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, Cañuelo-Márquez AM, Guodemar-Pérez J, García-Fernández P, et al. Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. *J Sports Sci Med*. 20 de noviembre de 2018;17(4):668-79.
29. de Freitas MC, Gerosa-Neto J, Zanchi NE, Lira FS, Rossi FE. Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. *World J Methodol*. 26 de junio de 2017;7(2):46-54.
30. Paulussen KJM, McKenna CF, Beals JW, Wilund KR, Salvador AF, Burd NA. Anabolic Resistance of Muscle Protein Turnover Comes in Various Shapes and Sizes. *Front Nutr [Internet]*. 2021 [citado 20 de marzo de 2023];8. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.615849>

31. Morton RW, Traylor DA, Weijs PJM, Phillips SM. Defining anabolic resistance: implications for delivery of clinical care nutrition. *Curr Opin Crit Care*. 1 de abril de 2018;24(2):124-30.
32. Zouhal H, Jayavel A, Parasuraman K, Hayes LD, Tourny C, Rhibi F, et al. Effects of Exercise Training on Anabolic and Catabolic Hormones with Advanced Age: A Systematic Review. *Sports Med Auckl Nz*. 2022;52(6):1353-68.
33. Constantin-Teodosiu D, Constantin D. Molecular Mechanisms of Muscle Fatigue. *Int J Mol Sci*. 27 de octubre de 2021;22(21):11587.
34. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, García-Fernández P, Garnacho-Castaño MV, Domínguez R. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLoS ONE* [Internet]. 2017 [citado 16 de marzo de 2023];12(7). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5533437/>
35. Ángel Rodríguez M, García-Calleja P, Terrados N, Crespo I, Del Valle M, Olmedillas H. Injury in CrossFit®: A Systematic Review of Epidemiology and Risk Factors. *Phys Sportsmed*. 2 de enero de 2022;50(1):3-10.
36. Wagener S, Hoppe MW, Hotfiel T, Engelhardt M, Javanmardi S, Baumgart C, et al. CrossFit® – Development, Benefits and Risks. *Sports Orthop Traumatol*. 1 de septiembre de 2020;36(3):241-9.
37. da Costa TS, Louzada CTN, Miyashita GK, da Silva PHJ, Sungaila HYF, Lara PHS, et al. CrossFit®: Injury prevalence and main risk factors. *Clinics*. 2019;74:e1402.
38. Kinetics H. What are the best recovery strategies for athletes? [Internet]. *Human Kinetics Blog*. 2021 [citado 17 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://humankinetics.me/2021/07/15/what-are-the-best-recovery-strategies-for-athletes/>
39. CFJ_2015_05_Zone6.pdf [Internet]. [citado 24 de marzo de 2023]. Disponible en: http://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_2015_05_Zone6.pdf?_ga=2.125561545.232305960.1643296090-688739049.1635290413
40. Brisebois M, Kramer S, Lindsay KG, Wu CT, Kamla J. Dietary practices and supplement use among CrossFit® participants. *J Int Soc Sports Nutr*. 19(1):316-35.

41. Maxwell C, Ruth K, Friesen C. Sports Nutrition Knowledge, Perceptions, Resources, and Advice Given by Certified CrossFit Trainers. *Sports*. 24 de marzo de 2017;5(2):21.
42. Gogojewicz A, Śliwicka E, Durkalec-Michalski K. Assessment of Dietary Intake and Nutritional Status in CrossFit-Trained Individuals: A Descriptive Study. *Int J Environ Res Public Health*. julio de 2020;17(13):4772.
43. Areta JL, Taylor HL, Koehler K. Low energy availability: history, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males. *Eur J Appl Physiol*. 2021;121(1):1-21.
44. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 1 de agosto de 2018;15:38.
45. dos Santos Quaresma MVL, Guazzelli Marques C, Nakamoto FP. Effects of diet interventions, dietary supplements, and performance-enhancing substances on the performance of CrossFit-trained individuals: A systematic review of clinical studies. *Nutrition*. febrero de 2021;82:110994.
46. Garthe I, Maughan RJ. Athletes and Supplements: Prevalence and Perspectives. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 1 de marzo de 2018;28(2):126-38.
47. IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete in: *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* Volume 28 Issue 2 (2018) [Internet]. [citado 24 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/28/2/article-p104.xml>
48. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Ackerman KE, Blauwet C, Constantini N, et al. International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 1 de julio de 2018;28(4):316-31.
49. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 29 de marzo de 2021;372:n71.
50. Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int*. 2010;21(4):543-59.

51. Brooks SV, Faulkner JA. Skeletal muscle weakness in old age: underlying mechanisms. *Med Sci Sports Exerc.* abril de 1994;26(4):432-9.
52. Lu L, Mao L, Feng Y, Ainsworth BE, Liu Y, Chen N. Effects of different exercise training modes on muscle strength and physical performance in older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr.* 15 de diciembre de 2021;21:708.
53. Nascimento CM, Ingles M, Salvador-Pascual A, Cominetti MR, Gomez-Cabrera MC, Viña J. Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise. *Free Radic Biol Med.* 20 de febrero de 2019;132:42-9.