

# ¿ES LA REPETICIÓN MÁXIMA EN SENTADILLA, PRESS BANCA Y DOMINADA INDICADOR DE RENDIMIENTO EN CROSSFIT?

Trabajo Opción B: Investigación en el ámbito de la educación y/o formación



Javier Palma Ortiz

Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Alejandro Muñoz López

6 de junio de 2022

## **Índice**

Resumen .....	3
Abstract .....	3
Introducción y justificación.....	4
Marco teórico .....	5
Introducción al Crossfit .....	5
Crossfit Games .....	7
Demandas condicionales Crossfit.....	8
La fuerza y su importancia en Crossfit .....	10
Cindy y variante.....	11
Objetivos del TFG.....	13
Metodología de la investigación .....	14
Diseño de la investigación.....	14
Participantes.....	14
Procedimientos .....	14
Sentadilla .....	15
Press Banca .....	15
Dominada .....	15
Variables dependientes e independientes .....	16
Análisis estadístico .....	16
Resultados .....	17
Discusión.....	19
Conclusiones .....	22
Referencias bibliográficas .....	23

## Resumen

Crossfit es una modalidad deportiva que está ganando mucha popularidad pese a ser relativamente joven. Debido a su juventud, apenas hay estudios que analicen el rendimiento en Crossfit y por ello, surge la necesidad de investigar cuáles son los principales indicadores de rendimiento en este deporte. Este estudio pretendió establecer la relación entre el 1RM en la sentadilla, el press banca y la dominada, con dos entrenamientos de Crossfit, el *Cindy* y una variante del mismo. 28 sujetos (edad:  $26 \pm 5.35$  años, peso:  $77.14 \pm 7.25$  kg y altura:  $178.25 \pm 5.37$  cm) participaron en el mismo. Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para cada entrenamiento. Se midieron datos de las siguientes variables: sentadilla ( $117.04 \pm 28.23$  kg), press banca ( $87.59 \pm 17.02$  kg), dominada ( $103.18 \pm 17.01$  kg), *Cindy* ( $23.17 \pm 3.55$  reps/min) y variante del *Cindy* ( $32.42 \pm 7.12$  reps/min). Se obtuvo asociación positiva muy grande entre el 1RM de sentadilla y el rendimiento en el *Cindy* ( $r^2=0.786$ ) y asociación positiva grande entre el 1RM de dominada y el rendimiento en la variante del *Cindy* ( $r^2=0.621$ ). Nuestros resultados sugieren que la fuerza dinámica máxima puede ser un buen predictor de rendimiento en Crossfit.

**Palabras clave:** Rendimiento; entrenamiento funcional de alta intensidad; fuerza dinámica máxima.

## Abstract

Crossfit is a sport that is gaining a lot of popularity despite being relatively young. Due to its youth, there are hardly any studies that analyse performance in Crossfit and therefore, the need arises to investigate what are the main performance indicators in this sport. This study aimed to establish the relationship between the 1RM in the squat, bench press and pull-up, with two Crossfit workouts, Cindy and a variant of it. 28 subjects (age:  $26 \pm 5.35$  years, weight:  $77.14 \pm 7.25$  kg and height:  $178.25 \pm 5.37$  cm) participated in the study. Multiple linear regression analysis was performed for each training session. Data were measured for the following variables: squat ( $117.04 \pm 28.23$  kg), bench press ( $87.59 \pm 17.02$  kg), pull-up ( $103.18 \pm 17.01$  kg), Cindy ( $23.17 \pm 3.55$  reps/min) and Cindy variant ( $32.42 \pm 7.12$  reps/min). A very large positive association was obtained between squat 1RM and performance in Cindy ( $r^2=0.786$ ) and a large positive association was obtained between the pull-up 1RM and performance in the Cindy variant ( $r^2=0.621$ ). Our results suggest that maximal dynamic strength may be a good predictor of Crossfit performance.

**Key words:** Performance; high intensity functional training; maximal dynamic strength.

## Introducción y justificación

Crossfit es una modalidad deportiva relativamente joven, que nació como combinación de otras modalidades deportivas y con el objetivo de servir como instrucción física a los diversos cuerpos de seguridad de Estados Unidos. Debido a su juventud no existe demasiada literatura científica que aborde el rendimiento en Crossfit, ya que la mayoría de estudios publicados hasta la fecha se centran más en el índice lesional y en aspectos psicológicos, tal y como se recoge en la revisión sistemática y meta-análisis de Claudino et al. (2018).

Por lo anteriormente comentado, se necesita realizar más estudios que ahonden en la problemática del rendimiento en Crossfit, con el fin de poder determinar qué variables serán las que tengan una mayor o menor relación con el éxito en la práctica de dicha modalidad. Si no se es capaz de establecer relaciones entre las diferentes variables asociadas a cada una de las magnitudes físicas y Crossfit, tampoco se podrá programar el entrenamiento en este deporte desde un enfoque científico y actualizado, frenando así su desarrollo como modalidad deportiva de alto rendimiento.

Crossfit bebe y utiliza movimientos de modalidades deportivas que pueden clasificarse como puramente de fuerza dinámica máxima (Powerlifting y Halterofilia) con movimientos tales como la arrancada, la cargada, la sentadilla, el peso muerto, el press banca y las variantes de los mismos. En algunos estudios como los de Tibana et al. (2021) o Meier et al. (2021) se han estudiado la relación de estos movimientos con el rendimiento en Crossfit, encontrándose asociaciones positivas pero no concluyentes, por lo que se precisa continuar estudiando que relaciones se establecen entre cada uno de ellos y el rendimiento en distintos entrenamientos. Así, surge la necesidad de analizar la relación existente entre la manifestación de la fuerza dinámica máxima a través de la estimación de la repetición máxima (1RM) en algunos de estos movimientos y el rendimiento en algunos entrenamientos característicos de Crossfit que utilice patrones de movimientos específicos y similares a los analizados.

Haciendo síntesis de todo lo anterior nació este estudio, en el que se estudia y analiza la relación existente entre el 1RM en tres de los movimientos más realizados en las programaciones de Crossfit como son la sentadilla trasera, el press banca y la dominada y el rendimiento en dos entrenamientos. Por un lado el *Cindy*, consistente en realizar todas las rondas posibles en 20 minutos de 5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas y por otro lado, una variante *Cindy*, que consistirá en realizar 10 rondas en el menor tiempo posible de 5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas.

## Marco teórico

### *Introducción al Crossfit*

Crossfit es un nuevo programa de fuerza y acondicionamiento con entrenamientos cortos pero intensos (Joondeph y Joondeph, 2013). Crossfit puede ser practicado por todas las personas independientemente del objetivo que quiera alcanzar, su nivel de condición física y su historial deportivo, y su principal objetivo es que sus practicantes alcancen un nivel de nivel óptimo de salud (Crossfit, s.f.). Por temas de licencia, ya que Crossfit es una marca registrada, Feito et al. (2018a) utilizaron para referirse al Crossfit el término “entrenamiento funcional de alta intensidad” y lo definieron como un programa de entrenamiento que incorpora una amplia diversidad de movimientos funcionales ejecutados a alta intensidad y cuyo objetivo es la mejora de todas las capacidades físicas (resistencia, fuerza, velocidad, etc.). Glassman (2002) (cofundador de Crossfit) diferenció el concepto de *fitness* en general con el *fitness* en Crossfit, describiéndolo como la suma de llevar una nutrición equilibrada y saludable, realizar ejercicio 5-6 veces por semana de manera no rutinaria, sino que con sesiones variantes y de alta intensidad y ser capaz de realizar cualquier ejercicio sin dificultad. Glassman aporta una lista de las diez principales habilidades físicas generales que deben poseer los practicantes de Crossfit para poder afirmar que tienen un nivel óptimo de *fitness*, estas son: la resistencia cardiovascular/respiratoria, la *stamina*, entendida como la capacidad del organismo de almacenar, procesar y utilizar la energía, la fuerza, la flexibilidad, la potencia, la velocidad, la coordinación, la agilidad, el equilibrio y la precisión. Por lo tanto y según el autor no será mejor atleta aquel que destaque en alguna de las categorías mencionadas, sino aquel que sea capaz de combinar todas ellas sin tener puntos débiles (Glassman, 2002).

A raíz del estudio realizado por Bergeron et al. (2011), en el que se mostraba que el riesgo de sufrir lesiones musculoesqueléticas aumentaba de manera desproporcionada con la práctica de entrenamientos tipo Crossfit, la gran mayoría de investigaciones sobre Crossfit se centraron estudiar el índice lesional en este deporte. Pero, tal y como que demostraron Feito et al. (2018b) no parece ser una modalidad lesiva para la gran mayoría de sus participantes, aunque sí parecía aumentar el riesgo lesional en aquellos sujetos novatos (primer año de práctica). Hak et al. (2013) estimaron el índice lesional en Crossfit por cada 1000 horas de práctica en 3.1, valores muy similares a los observado en deportes como la halterofilia y el powerlifting y menor que en deportes de contacto como el rugby.

Glassman (2003) explicó en qué consistían los entrenamientos de Crossfit, denominados por el mismo como *Workout of the Day*, y describió los principales bloques que componen estos entrenamientos, explicando qué movimientos se consideran dentro de cada uno de los bloques y dejando leves pinceladas de cómo programar en Crossfit para aumentar el rendimiento. De esta manera, los 3 bloques que define el autor son (Glassman, 2003):

- Acondicionamiento mono estructural metabólico. Dentro de este bloque se consideran aquellos ejercicios vulgarmente conocido como cardio, por ejemplo, correr, remar, bicicleta, etc.
- Gimnásticos. Dentro de este bloque se consideran aquellos movimientos o ejercicios realizados con el propio peso corporal y que cuya base es la calistenia como, por ejemplo, dominadas, sentadillas, flexiones, flexiones de pino, subidas a la cuerda, etc.
- Fuerza. El fundamento principal de este bloque son los movimientos tomados de otras disciplinas como la halterofilia y el powerlifting, cuyos movimientos más importantes son la arrancada, la cargada y el jerk, el peso muerto, la sentadilla trasera y el press banca, así como las diversas variantes de estos ejercicios. Dentro de este bloque también se incluye ejercicios realizados con balones medicinales, pesas rusas y mancuernas hexagonales.

En principio, Glassman (2003) propuso la siguiente estructura para los entrenamientos del día y para la programación en Crossfit: los entrenamientos tendrían una duración de entre 30 minutos y 1 hora. El primer día se realizaba un entrenamiento conformado por movimientos de uno de los tres bloques, el segundo día movimientos del bloque del primer día y movimientos de otro bloque y el tercer día movimientos de los tres bloques. El cuarto día sería de descanso, y al quinto día comenzaría la misma secuencia pero con otro bloque distinto. De esta manera, se podían encontrar sesiones de, por ejemplo, sólo movimientos gimnásticos o de fuerza, o la combinación de gimnásticos y metabólico, o la combinación de todos los bloques. Pero, hoy en día eso ha variado y la mayoría de las programaciones de Crossfit siguen una misma estructura de sesión formada por un calentamiento, una parte de fuerza específica o trabajo aislado de gimnásticos y un entrenamiento en el que se suele combinar los bloques descritos anteriormente. También es normal encontrar partes accesorias dentro de la propia sesión donde se trabajan puntos débiles y la vuelta a la calma para finalizar la sesión (Zona Wod, 2020). Falk-Neto y Kennedy (2019) estudiaron también la estructura de la sesión de Crossfit llegando a la conclusión que la más efectiva para la mejora del rendimiento del atleta era el *AMRAP*, es decir, realizar las máximas rondas posibles en el tiempo estimado (misma estructura que el *Cindy*).

### ***Crossfit Games***

Crossfit es un deporte atípico puesto que no se conoce el estímulo al que deberán enfrentarse los atletas en competición hasta varios días antes de la misma. Todos los deportes tienen unas demandas fisiológicas y condicionales marcadas por el desempeño en competición, pero la competición de Crossfit es cambiante. Por lo tanto, las demandas del Crossfit dependerán de los eventos de competición que se realicen cada año.

Tal y como recoge Crossfit (2020) en su guía para la obtención del certificado nivel 1 de entrenador de Crossfit, el atleta de Crossfit debe estar entrenado para enfrentarse a cualquier entrenamiento independientemente de la vía predominante de obtención de energía que requiera el mismo. Así, atendiendo a la clasificación de sistemas energéticos presentada por López-Chicharro y Fernández-Vaquero (2006) podemos encontrar entrenamientos de corta duración, como los levantamientos de halterofilia, cuya vía de obtención de energía principalmente sean los fosfágenos (ATP-PC), entrenamientos de una duración de 2-3 minutos como, por ejemplo, el anteriormente mencionado *Fran*, cuya vía de obtención de energía principal sea la glucólisis anaeróbica y entrenamientos de media-larga duración como, por ejemplo, el también mencionado anteriormente *Cindy*, que tiene una duración fija de 10 minutos y cuya vía principal de obtención de energía será el sistema aeróbico.

Crossfit Games es la competición más importante del Crossfit. Crossfit Games es el fiel reflejo de todo lo expuesto hasta el momento, ya que por un lado los participantes no son conocedores de los eventos a los que se van a enfrentar hasta esa misma semana y por otro lado, los eventos de competición cambian año tras año. Lo único estable de la competición es que siempre dura tres días y que en cada día se realiza más de un evento. Para entender mejor la estructura y la diversidad de eventos de la competición, se analizarán las demandas de algunos de los eventos realizados en los últimos tres años:

- Crossfit Games 2019. El tercer evento fue *Ruck*, y consistió en correr 6 kilómetros con un chaleco lastrado que aumentaba el peso cada 1,5 kilómetros, con una duración máxima de 40 minutos, y aunque como ya hemos visto todos los sistemas de energía se activan a la vez, el predominante para este evento sería el sistema aeróbico. El cuarto evento fue *Sprint Couplet*, en el que los atletas tuvieron que empujar un trineo 172 pies, realizar 18 *bar muscle ups* y de nuevo empujar un trineo 172 pies. Aunque el tiempo límite de la prueba eran 6 minutos, los atletas tardaron en torno a 3 minutos, por lo que la vía preferente de obtención de energía fue la glucólisis anaeróbica. El octavo evento

fue *Clean*, una escalera ascendente en pesos de cargadas en la que los atletas debían ir aumentando el peso hasta que fallaran o se retiraran. Por lo tanto, el sistema de obtención de energía principal para dicho evento fue el sistema de los fosfágenos. (Crossfit, s.f.).

- Crossfit Games 2020. El evento número 3 fue *Crossfit Total*, consistente en buscar en 30 minutos una repetición máxima (1RM) de sentadilla trasera profunda, press de hombro estricto y peso muerto. En dicho evento, aunque dure 30 minutos, tal y como hemos visto antes la principal vía de obtención de energía será el sistema de los fosfágenos ya que son levantamientos máximos realizados en un intervalo de tiempo muy pequeño (<10 segundos). El cuarto evento número fue *Handstand Sprint*, consistente en andar 100 yardas haciendo el pino. Su duración fue menor a los dos minutos, por lo que podemos clasificarlo como predominantemente glucolítico anaeróbico. El duodécimo y último evento fue *Atalanta*, que consistía en una milla corriendo, 100 flexiones de pino, 200 sentadillas a una sola pierna, 300 dominadas y otra milla corriendo. Tuvo una duración aproximada de 50-60 minutos y por lo tanto su sistema energético predominante fue el sistema aeróbico. (Crossfit, s.f.).
- Crossfit Games 2021. El tercer evento fue realizar 550 yardas a sprint, con una duración de entre 1 y 2 minutos, por lo que la vía de obtención de energía predominante será la glucólisis anaeróbica. El décimo evento fue realizar 30 pies a la barra, correr 1 milla y media, de nuevo 30 pies a la barra, correr 1 milla y media y otra vez 30 pies a la barra, con un tiempo límite de 27 minutos, por lo que el sistema energético predominante fue el sistema aeróbico. El duodécimo evento fue buscar 1RM de arrancada, y de nuevo tal y como hemos visto ya, el sistema de los fosfágenos será la vía de obtención de energía predominante. (Crossfit, s.f.).

Queda evidenciado al analizar los eventos de años anteriores, la variedad de estímulos a los que los competidores de Crossfit deben enfrentarse en sus competiciones. También se observa que todos los años se realizan eventos en los que los atletas deben buscar 1RM de un o más de un movimiento. Más allá de lo realizados en los Crossfit Games 2019, 2020 y 2021 (expuesto con antelación), en la edición de 2018 se volvió a repetir el *Crossfit Total* (Crossfit, s.f.), en la edición de 2017 buscar 1RM de arranca (Crossfit, s.f.), etc.

### ***Demandas condicionales Crossfit***

A raíz del análisis realizado sobre los eventos de competición de años anteriores, se puede observar que una de las principales características de Crossfit, y común denominador en todos

sus entrenamientos, es que se trata de una disciplina deportiva cuyos entrenamientos serán de una intensidad muy alta y condensados en un espacio temporal pequeño (menos de 1 hora). Por ello, tal y como nos dicen Kliszczewicz et al. (2015) apenas habrá descansos, y los que haya serán de una duración tan corta que producirán en sus participantes altos niveles de estrés oxidativo. A través de una extracción de plasma sanguíneo, estos autores analizaron cómo se comportaban diversos biomarcadores del estrés oxidativo (grupos carbonilos de una proteína (PC), hidroperóxidos lipídicos (LOOH), capacidad de reducción antioxidante (FRAP) y capacidad antioxidante equivalente al Trolox (TEAC)) en la realización de la rutina *Cindy* y los compararon con los obtenidos en una prueba realizada en tapiz rodante, siendo dichos valores similares.

Otros autores como Fernández-Fernández et al. (2015) han estudiado las respuestas fisiológicas que se producen en el organismo en la realización de distintos entrenamientos representativos de Crossfit. Analizaron el *Fran* (21-15-9 repeticiones de dominadas y *thrusters* con 43 kilogramos), y el *Cindy* (ya descrito antes), comparándolos con una prueba realizada en tapiz rodante, con el objetivo de ver si se cumplen los requerimientos mínimos para la mejora de la salud propuestos por *The American College of Sports Medicine* (ACSM). Observaron que aunque se alcanzaban estos requerimientos mínimos en las variables analizadas (frecuencia cardíaca, consumo máximo de oxígeno y lactato en sangre) todo dependía del entrenamiento que se analizara ya que entraba en juego la aleatoriedad con la que a veces se programaban los mismos. También Maté-Muñoz et al. (2017) estudiaron las respuestas fisiológicas del organismo antes distintos tipos de entrenamientos, utilizando los tres bloques definidos por Glassman de manera individual, es decir, un entrenamiento sólo de gimnásticos, otro solo de cardio y otro solo de fuerza. Observaron que al ser todos ellos entrenamientos de una intensidad muy alta, se producía un descenso en la potencia mecánica relativa y el lactato en sangre post-ejercicio aumentaba en gran medida en comparación con la medición realizada pre-ejercicio.

En la revisión sistemática de Schlegel (2020) se sintetiza todo lo expuesto hasta ahora en cuanto a demandas en Crossfit. En dicha revisión se observa que la gran variedad y diversidad de entrenamientos existentes provocará que las demandas requeridas dependan del entrenamiento que estudiemos, que el lactato en sangre aumenta 5 veces los valores de reposos incluso llegando a aumentarlo 9 veces y que valores de marcadores como la testosterona y el cortisol aumentan de manera considerable post-ejercicio.

### ***La fuerza y su importancia en Crossfit***

González-Badillo y Gorostiaga-Ayestarán (2002) definen la fuerza como la capacidad que tiene el músculo de producir tensión interna al activarse. Estos autores nos hablan de diferentes manifestaciones de la fuerza, pero nos vamos a quedar con la fuerza dinámica máxima (FDM). Ellos la definen como la expresión máxima de fuerza cuando la resistencia sólo se puede desplazar una vez, o se desplaza ligeramente a muy baja velocidad en una fase del movimiento. Pero un atleta podrá tener o aplicar tantas fuerzas dinámicas máximas como cargas se estén evaluando, es decir, que el valor de esta FDM dependerá de la intensidad que se esté evaluando. La máxima carga que sea capaz de desplazar una sola vez será considerada la repetición máxima (1RM). Como se ha visto en el análisis de los Crossfit Games en años anteriores, se realizan en innumerables ocasiones eventos de buscar 1RM en distintos movimientos. Además, Crossfit bebe de deportes como la halterofilia y el powerlifting, que tienen su fundamento en buscar 1RM en los movimientos que lo componen.

Según lo observado en eventos de competición de años anteriores todo parece indicar que sí es importante la FDM para ser un buen atleta en Crossfit, pero debemos analizar lo que ha estudiado hasta ahora la literatura científica. Algunos estudios como el de Martínez-Gómez et al. (2019) o el de Gómez-Landero y Frías-Menacho (2020) intentaron establecer la relación entre la 1RM en distintos ejercicios y el rendimiento en Crossfit. En ambos los resultados arrojados por la medición de la 1RM son asociados positivamente al rendimiento en las rutinas elegidas, pero afirman que se necesitan más investigaciones al respecto ya que estos no son concluyentes. También en el estudio de Dexheimer et al. (2019) se analizó la relación entre la 1RM, en este caso con la realización del entrenamiento *Crossfit Total* (1RM de sentadilla trasera profunda, press de hombro estricto y peso muerto), y el rendimiento en ciertos entrenamientos específicos. En dicho estudio, los sujetos tenían que buscar la 1RM de los tres movimientos en un espacio temporal de 60 minutos, lo que generaba un alto nivel de fatiga y como consecuencia no eran capaces de levantar tanta carga cómo hubieran levantado si no hubiesen acumulado esa fatiga a nivel neuromuscular. También parece encontrarse resultados similares en el estudio Meier et al. (2021), en el que se establece una relación positiva entre el rendimiento en sentadilla profunda y diversos entrenamientos. Otro estudio donde se intentó establecer la relación entre la 1RM y el rendimiento en un entrenamiento específico, fue en el de Carreker y Grosiki (2020), en este caso entre el press banca y el entrenamiento *Murph*, que consiste en realizar en el menor tiempo posible 1 milla corriendo, 100 dominadas, 200

flexiones, 300 sentadillas y de nuevo una milla corriendo. En este estudio no se observó una correlación positiva entre las variables medidas.

Los estudios anteriores estudiaron la relación entre la 1RM en distintos ejercicios y el rendimiento en entrenamientos específicos, pero en un entorno alejado de la competición. Sin embargo, Tibana et al. (2021), estudiaron la relación entre ciertas variables, entre ellas la 1RM en la sentadilla trasera profunda y la sentadilla frontal profunda, y el rendimiento en los *Open 2020*, competición que da acceso a los Crossfit Games. Se observó que aquellos atletas que habían obtenido mejor resultados en los test de fuerza habían obtenido un mayor rendimiento en la competición. Algo parecido hicieron Peña et al. (2021), donde intentaron establecer la relación entre el valor más alto de potencia generado en la arrancada, press banca y sentadilla en test progresivos de cargas y simularon una competición en la que los sujetos debían realizar un *Fran* (21-15-9 repeticiones de dominadas y *thrusters* con 43 kilogramos), un *Isabel* (30 arrancadas con 61 kilogramos) y un *Kelly* (5 rondas en el menor tiempo posible de 400 metros corriendo, 30 saltos al cajón y 30 lanzamientos de balón medicinal a la diana). De nuevo observaron una relación positiva entre los valores obtenidos en los test progresivos de cargas y el rendimiento en dichos entrenamientos.

Todos estudios parecen indicar que la FDM representada a través de la 1RM explicaría el rendimiento en Crossfit, aunque todos los autores destacan la necesidad de continuar realizando investigaciones que prueben esto. Además, como ya se ha comentado, la relación varía en función del entrenamiento que se esté analizando, debido a que cada uno tiene unas demandas fisiológicas y condicionales concretas.

### ***Cindy y variante***

Pese a los resultados obtenidos en los estudios anteriores, los autores destacan la importancia de continuar realizando estudios que estudien la misma problemática por las limitaciones encontradas en los suyos o bien porque consideran interesante estudiar otras manifestaciones. Las limitaciones o problemas encontrados en los estudios anteriores son los siguientes: en el de Martínez-Gomez et al. (2019) sólo se mide la 1RM en la sentadilla trasera profunda; en el de Frías-Menacho et al. (2020) la 1RM de la sentadilla y el press banca se estimó de manera indirecta, pero para ello los sujetos tuvieron que buscar cinco repeticiones máximas, con la fatiga a nivel neuromuscular que eso supone y con los posibles fallos a la hora de estimar; en el de Carreker y Grosicki (2020) la relación se intenta establecer con el entrenamiento *Murph*,

que al ser tan largo y tener los sujetos que realizar tantas repeticiones, puede entrar el juego el factor psicológico.

Puesto que ninguno de estos estudios analiza cómo influye la 1RM en relación con el rendimiento en un entrenamiento que incluya esos mismos patrones de movimientos específicos, surge la necesidad de estudiarlo. Es así como surge este estudio, en el que se medirá la 1RM en sentadilla trasera, dominada y press banca a través de test progresivos de cargas y se establecerá la relación con dos entrenamientos específicos de Crossfit, el *Cindy* y una variante del mismo. Se han elegido dichos entrenamientos, puesto que los ejercicios que hay que realizar en los mismos son patrones de movimientos idénticos o casi idénticos a los que se medirá la 1RM. El *Cindy* consiste en realizar el máximo número de rondas posibles en 20' de 5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas. Usaremos también una variante del *Cindy* que consiste en realizar 10 rondas de 5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas en el menor tiempo posible. De esta manera se observará si existen diferencias en el rendimiento si se trata de un entrenamiento en el que el tiempo del mismo viene predeterminado, pero no las repeticiones a realizar, como es en el *Cindy*, o si se trata de un entrenamiento que los sujetos deben tratar de realizar las repeticiones ya predeterminadas en el menor tiempo posible. Además, en el *Cindy* si se observa el estudio piloto de Kliszczewicz et al. (2014) se suelen realizar una media de  $17.8 \pm 3.7$  rondas. Al ser la variante del *Cindy* tan solo 10 rondas, se llega a la conclusión de que esta variante es de menor duración temporal que el *Cindy*.

## **Objetivos del TFG**

El principal objetivo de este estudio es analizar la relación entre la FDM, representada a través de la 1RM, en los ejercicios de la sentadilla trasera profunda, el press banca y la dominada, y el rendimiento en los entrenamientos específicos de Crossfit *Cindy* y una variante del mismo, en función del número de repeticiones por minuto realizadas en ellos.

A raíz de dicho objetivo principal surgen otros específicos que están íntimamente relacionados con el y que lo conforman. Estos son:

- Determinar si el 1RM en los movimientos citados es un indicador de rendimiento en Crossfit.
- Analizar la importancia de la sentadilla trasera profunda dentro del rendimiento en Crossfit
- Analizar la importancia del press banca dentro del rendimiento en Crossfit
- Analizar la importancia de la dominada dentro del rendimiento en Crossfit
- Establecer para qué tipo de entrenamiento específico de Crossfit es más determinante la FDM, para aquellos de menor duración como es la variante del *Cindy* o para aquellos de mayor duración como es el *Cindy*.

La hipótesis en función de la literatura existente hasta la fecha es que la FDM representada a través del 1RM será un buen indicador de rendimiento en Crossfit.

## **Metodología de la investigación**

### ***Diseño de la investigación***

El estudio realizado se trata de un estudio descriptivo-correlacional.

En primer lugar, se realizó una familiarización en la que los sujetos pertenecientes al estudio tuvieron la oportunidad de conocer la metodología. En dicha familiarización les explicamos los estándares técnicos que tendrían que cumplir posteriormente para que las repeticiones fueran consideradas válidas. Además, realizaron un mini *Cindy*, consistente en realizar 5 rondas en el menor tiempo posible de una ronda del *Cindy*, es decir, 5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas.

Seguidamente se realizaron los test progresivos de carga de los movimientos objeto de estudio. La toma de datos de los test se realizó en tres días diferentes, habiendo, al menos, 48 horas de diferencia entre cada uno ellos. Posteriormente a la realización de los tres test y de nuevo dejando 48 horas de por medio, se llevó a cabo la ejecución del *Cindy* para uno de los grupos y la variante del *Cindy* el otro grupo.

### ***Participantes***

El estudio fue realizado por un total de 28 participantes (edad:  $26 \pm 5.35$  años, peso:  $77.14 \pm 7.25$  kg y altura:  $178.25 \pm 5.37$  cm) todos ellos de género masculino, que previamente debieron dar su consentimiento para la realización del mismo. Los sujetos debían haber practicado Crossfit de manera asidua, al menos 3 días por semana, durante el último año, estar en condiciones plenas de salud, es decir, no poseer ninguna patología de ningún tipo que pudiera ser agravada o condicionar la realización del mismo y por último, que dominara los ejercicios necesarios para la realización del *Cindy* y de los test progresivos de carga (sentadilla profunda, con y sin barra, press banca, flexiones y dominadas). La muestra quedó dividida en dos grupos. El primer grupo de 11 sujetos tendrían que realizar el *Cindy* y el segundo grupo con los 17 sujetos restantes la variante del *Cindy*. No se usó ningún criterio para la división de los grupos, por eso no son equitativos, puesto que 11 eran de una ciudad y los otros 17 de otra.

### ***Procedimientos***

Primero, se realizó un calentamiento de 10 minutos, que consistió en ejercicios de movilidad articular, 5 minutos de carrera continua y 10 repeticiones de sentadillas sin carga, flexiones y remo en anillas. Para estimar la 1RM, se realizó un test progresivo de carga con encoder lineal (ADR Encoder versión 5.3, ADR Encoder, Toledo, España) para sentadillas (Sánchez-Medina et al., 2017), otro para press banca (Sánchez-Medina et al., 2014) y otro para el ejercicio de

dominadas (Sánchez-Moreno et al., 2020). La variable medida para los tres test progresivos de carga fue la velocidad media propulsiva (VMP), ya que estudios como el de González-Badillo y Sánchez-Medina (2010) demuestran la alta relación que guarda dicha variable con la carga (% 1RM).

En la sentadilla se debía bajar más del ángulo de 90° formado por la rodilla y extender completamente las rodillas para que la repetición fuera válida; en el press banca se debía realizar una parada en el pecho y terminar la repetición con los brazos totalmente extendidos; en la dominada la barbilla debía pasar por encima de la barra y extender los brazos completamente al final de la fase excéntrica. Todas las repeticiones debían ser realizadas a la mayor velocidad posible.

### **Sentadilla**

El protocolo comenzó realizando 5 repeticiones con la menor carga posible, 20 kg. Se realizaron subidas progresivas de peso de entre 5 y 10 kg (en función del nivel del sujeto y de la velocidad conseguida en cada serie) hasta que la velocidad media propulsiva fuera menor de  $0,76 \pm 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , velocidad a la que se alcanza el 75% de la 1RM (Sánchez-Medina et al., 2017). Se realizaron 5 repeticiones cuando la VMP era mayor de  $1,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 3 repeticiones cuando la VMP era entre  $1,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $0,76 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y una sola repetición cuando era menor de  $0,76 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Una vez se alcanzaba un valor menor de  $0,76 \pm 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , se daba por concluido el test y la 1RM se estimaba con la recta de regresión obtenida. El descanso entre series fue de 5 minutos.

### **Press Banca**

El protocolo comenzó realizando 5 repeticiones con la menor carga posible, 20 kg. Se realizaron subidas progresivas de peso de entre 2,5 y 5 kg (en función del nivel del sujeto y de la velocidad conseguida en cada serie) hasta que la VMP fuera menor de  $0,53 \pm 0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , velocidad a la que se alcanza el 75% de la 1RM (Sánchez-Medina et al., 2014). Se realizaron 5 repeticiones cuando la VMP era mayor de  $0,94 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 3 repeticiones cuando la VMP era entre  $0,94 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $0,53 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y una sola repetición cuando era menor de  $0,53 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Una vez se alcanzaba un valor menor de  $0,53 \pm 0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , se daba por concluido el test y la 1RM se estimaba con la recta de regresión obtenida. El descanso entre series fue de 5 minutos.

### **Dominada**

El protocolo comenzó realizando 5 repeticiones sin lastre, con el propio peso corporal. Se realizaron subidas progresivas de peso de entre 2,5 y 5 kg (en función del nivel del sujeto y de la velocidad conseguida en cada serie) hasta que la velocidad media propulsiva fuera menor de

0,3 m·s<sup>-1</sup>, velocidad a la que se alcanza el 95% de la 1RM (Sánchez-Moreno et al., 2020). Se realizaron 5 repeticiones cuando la VMP era mayor de 0,75 m·s<sup>-1</sup>, 3 repeticiones cuando la VMP era entre 0,75 m·s<sup>-1</sup> y 0,55 m·s<sup>-1</sup> y una sola repetición cuando era menor de 0,55 m·s<sup>-1</sup>. Una vez se alcanzaba un valor menor de 0,3 m·s<sup>-1</sup>, se daba por concluido el test y la 1RM se estimaba con la recta de regresión obtenida. El descanso entre series fue de 5 minutos.

### ***Variables dependientes e independientes***

Determinamos como variables dependientes el 1RM proyectado en los distintos movimientos analizados a través de los test progresivos de cargas con encoder lineal y medido en kilogramos (kg). Además, se añadió la variable repeticiones por minuto (rep/min), también dependiente, que se generó para poder comparar el desempeño de ambos entrenamientos. Por un lado se dividió el número de repeticiones que los sujetos realizaron en el *Cindy* entre los 20 minutos que duró y, por otro lado se dividió las 300 repeticiones que los sujetos tuvieron que realizar en la variante del *Cindy* entre el tiempo que tardaron en realizarlas.

### ***Análisis estadístico***

Los datos se muestran como media ± desviación estándar. Posteriormente al análisis descriptivo se realizó un análisis de regresión múltiple para cada entrenamiento con el que poder determinar qué modelo explicaba mejor el rendimiento en cada uno. Para ello nos fijamos en que modelo el  $r^2$  era mayor. Una vez comprobado que dicho modelo era significativo ( $p < 0.05$ ) usando las tablas de ANOVA, se sacó las correlaciones parciales y utilizando la propuesta de Hopkins et al. (2009) se clasificó de manera cualitativa los resultados obtenidos. Así, coeficientes de correlación de 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 y 0.9 fueron considerados pequeños, moderados, grandes, muy grandes y extremadamente grandes respectivamente. Con esto se determinó que movimiento era más determinante para cada entrenamiento.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el software gratuito JASP 0.16.2 utilizado en Windows.

## Resultados

En la Tabla 1 se muestran los análisis descriptivos para ambos entrenamientos. En la Tabla 2 se observan los análisis de regresión lineal múltiple para los entrenamientos, y en la Tabla 3 las correlaciones parciales de los modelos para cada entrenamiento.

**Tabla 1. Análisis descriptivos de los entrenamientos**

Entrenamiento		<i>Cindy</i>		Variante del <i>Cindy</i>	
Variable	N	Media ± Desviación estándar	N	Media ± Desviación estándar	
Rep/min	11	23.17 ± 3.55	17	32.42 ± 7.12	
Sentadilla	11	129.51 ± 33.27	17	108.98 ± 21.84	
Dominada	11	109.35 ± 17.07	17	99.18 ± 16.21	
Press Banca	11	86.99 ± 16.69	17	87.99 ± 17.73	

**Abreviaciones:** Rep/min = repeticiones por minuto realizadas

**Tabla 2. Explicación de los modelos en función de la variable Rep/min**

Entrenamiento		<i>Cindy</i>		Variante del <i>Cindy</i>		
	Modelo	R <sup>2</sup>	p	Modelo	R <sup>2</sup>	P
	1	0.497	0.051	1	0.322	0.046
	2	0.560	0.015	2	0.368	0.016
	3	0.575	0.004	3	0.345	0.008

**Nota:** Correlación significativa cuando  $p < 0.05$

**Explicación modelos *Cindy*:** Modelo 1: Sentadilla, Dominada y Press Banca; Modelo 2: Sentadilla y Dominada; Modelo 3: Sentadilla

**Explicación modelos variante del *Cindy*:** Modelo 1: Sentadilla, Dominada y Press Banca; Modelo 2: Sentadilla y Dominada; Modelo 3: Dominada

En función de lo observado, vemos que el modelo que mejor explica el rendimiento para el *Cindy* es el modelo 3, puesto que la  $r^2$  es mayor, mientras que para la variante del *Cindy* el modelo que mejor explica el rendimiento en el mismo es el modelo 2. Ambos modelos son considerados significativos, puesto que el modelo 3 del *Cindy* tiene una  $p=0.004$  y el modelo 2 de la variante del *Cindy* tiene una  $p=0.016$ . Al ser ambos modelos significativos podemos aceptar que se cumplen. Otro aspecto importante a destacar es que el único modelo que no es significativo es el modelo 1 del *Cindy*, es decir, el modelo que incluye a los tres movimientos. Mientras que en la variante del *Cindy*, el modelo que incluye a los tres movimientos sí es significativo.

**Tabla 3. Correlaciones parciales y análisis cualitativo de los modelos para cada entrenamiento**

Entrenamiento		<i>Cindy</i>		Variante del <i>Cindy</i>			
	Modelo	Parciales	Cualitativo	Modelo	Parciales	Cualitativo	
1	Sentadilla	0.335	Moderado	1	Sentadilla	0.311	Moderado

**Tabla 3. Correlaciones parciales y análisis cualitativo de los modelos para cada entrenamiento**

Entrenamiento	Cindy			Variante del Cindy		
	Modelo	Parciales	Cualitativo	Modelo	Parciales	Cualitativo
	Dominada	0.271	Pequeño	Dominada	0.215	Pequeño
	PressBanca	-0.033	Pequeño	PressBanca	-0.065	Pequeño
2	Sentadilla	0.529	Grande	2 Sentadilla	0.315	Moderado
	Dominada	0.280	Pequeño	Dominada	0.316	Moderado
3	Sentadilla	0.786	Muy grande	3 Dominada	0.621	Grande

**Nota:** Coeficiente de correlación parciales: 0.1-0.3 pequeño, 0.3-0.5 moderado, 0.5-0.7 grande, 0.7-0.9 muy grande y >0.9 extremadamente grande

Analizando la Tabla 3, vemos como para el *Cindy* el movimiento que augura un mayor rendimiento es la sentadilla, además con un coeficiente de correlación positivo muy grande. En segundo lugar la dominada y por último el press banca. Para la variante del *Cindy* observamos como en el modelo 2 (que era el que explicaba mejor el rendimiento) tanto la sentadilla como la dominada aportan lo mismo al modelo. Por ello, debemos fijarnos en el modelo 3 ya que su  $R^2$  es similar a la del modelo 2 y además también es significativo ya que  $p=0.008$ . Por lo tanto, sería la dominada el movimiento que explica en mayor medida el rendimiento en este entrenamiento, con un coeficiente de correlación positivo grande. En segundo lugar la dominada y por último el press banca.

## Discusión

Crossfit es una modalidad deportiva joven sobre la que no hay literatura científica suficiente para poder decretar cuáles son los principales indicadores de rendimiento. Por ello, el objetivo general de este estudio era el de analizar la relación entre la 1RM en distintos ejercicios y el rendimiento en dos entrenamientos específicos de Crossfit que incorporaran patrones de movimiento idénticos o casi idénticos a los analizados. En función de la literatura científica existente hasta la fecha sobre dicho tema, teníamos la hipótesis de que la 1RM sería un buen indicador de rendimiento en Crossfit. Pese a contar con una muestra pequeña de tan solo 28 sujetos, los resultados obtenidos indicaron que nuestra hipótesis se cumple, pero la importancia del movimiento dependerá en gran parte del entrenamiento que estemos analizando y la estructura del mismo.

En la Tabla 2 se observa que se han encontrado asociaciones positivas muy grandes entre la sentadilla y el entrenamiento *Cindy*. Con la variante del *Cindy* también se han encontrado asociaciones positivas aunque la magnitud de esta sea moderada. Por lo tanto, podemos determinar que la el 1RM en sentadilla será un buen indicador de rendimiento en Crossfit, pero lo será en menor o en mayor medida en función del entrenamiento que realicemos. Estos resultados son similares a los hallazgos de Martínez-Gómez et al. (2019). Sin embargo, en la variante del *Cindy* el movimiento que parece explicar mejor el rendimiento es la dominada con una asociación positiva grande, aunque dicha correlación no es tan grande como la de la sentadilla en el *Cindy*. Puede que el 1RM dominada no sea tan relevante en un entrenamiento como el *Cindy*, ya que al realizar un mayor volumen de repeticiones, el rendimiento en este ejercicio puede venir explicado mejor por otras variables como la carga en función del peso corporal tal y como demostraron Sánchez-Moreno et al. (2016). Además, debemos tener en cuenta que la ejecución técnica de la dominada no fue igual para la medición del 1RM que para la realización de los dos entrenamientos, ya que en estos últimos se usaron técnicas como las *kiping pull ups* o las *butterfly pull ups* donde más que fuerza se necesita técnica, coordinación y activación del CORE y de la musculatura de la extremidad inferior, como recogen en su estudio Dinunzio et al. (2019).

Otro hallazgo importante es que el 1RM en press banca es el movimiento que explica en menor medida el rendimiento en los dos entrenamientos. Podemos pensar entonces que las flexiones sean uno de los factores limitantes para ambos entrenamientos, pese a que la activación muscular entre flexiones y press banca sean idénticas tal y como demostró Tillaar (2019). Para analizar si las flexiones son realmente el limitante de rendimiento podemos usar la propuesta

de Sánchez-Medina y González-Badillo (2011), en la que demuestran que la pérdida de la velocidad en la ejecución de las repeticiones puede ser un buen indicador de fatiga neuromuscular. Otra hipótesis al respecto es la de que al depender el rendimiento en las flexiones una mayor activación del CORE que en el press banca (Eckel et al., 2017), y como ya hemos dicho anteriormente, estar esta zona altamente involucrada en las técnicas de *kippping pull ups* y *butterfly pull ups*, puede que la fatiga de la musculatura del CORE sea la que esté actuando como limitante del rendimiento para las flexiones. Podemos pensar que como las flexiones son más repeticiones que de dominadas y que en este ejercicio no se puede usar ninguna técnica auxiliar para facilitar la ejecución de las repeticiones, la fatiga neuromuscular del CORE afectaría más en las flexiones que en las dominadas.

Aunque el press banca sea el movimiento que menos explica rendimiento en ambos entrenamientos, si observamos la Tabla 2 vemos que en el *Cindy* dicho modelo 1 (que incluye a los tres movimientos) no es significativo ( $p=0.051$ ), mientras que en la variante del *Cindy* dicho modelo que incluye a los tres movimientos sí que es significativo ( $p=0.046$ ). Por lo tanto, podemos afirmar que al menos en la variante del *Cindy* el press banca sí tiene algo de influencia. En relación a lo comentado anteriormente, tiene influencia en el entrenamiento que menos repeticiones hay que realizar, por lo tanto se puede volver a sostener la hipótesis de que el 1RM en press banca será el movimiento que menos augure rendimiento en estos entrenamientos porque el factor limitante serán las flexiones.

Por lo tanto, parece ser que el 1RM en los movimientos estudiados es un indicador de rendimiento en Crossfit, pero para explicar este rendimiento debemos analizar los movimientos de manera individual y en función del entrenamiento unos movimientos explicarán más rendimiento que otros. El hecho de que la sentadilla explique mejor el rendimiento en el *Cindy* y la dominada en la variante del *Cindy*, siendo entrenamientos con los mismos movimientos y la misma secuencia de repeticiones de estos movimientos (5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas), nos hace pensar que además de los movimientos que haya en el entrenamiento es importante la estructura del mismo, puesto que cambiará la manera de afrontarlo por parte del atleta. No hay investigaciones que analicen la táctica o psicología a la hora de enfrentar y preparar los entrenamientos, ya que sólo se ha analizado el entorno social generado alrededor de Crossfit y las características de sus participantes (Dominski et al., 2020). Sin embargo, en el estudio de Box et al. (2018) se analiza cómo cambia el estado de ánimo de los competidores en función de la variación del diseño de los entrenamientos, observándose que en atletas competidores el cambio en el diseño de los entrenamientos apenas influye en su rendimiento.

Esto es algo que no podemos decir que se cumpla con los sujetos participantes de nuestro estudio, puesto que no son competidores y a ellos si puede afectarles la estructura del entrenamiento y la manera de enfrentar los mismos, pudiéndose producir una carga emocional añadida que lastre su rendimiento.

De cara al futuro sería interesante continuar realizando más investigaciones en relación con este tema con una muestra mayor y estudiando otras variables que pueden ser indicadoras de rendimiento en Crossfit, como por ejemplo, el número máximo de repeticiones que es capaz de realizar el sujeto con distintos % del RM, para así poder ver que manifestación de la fuerza guarda más relación con el rendimiento en Crossfit. También, dado que los sujetos que han formado parte de estudio no eran competidores de alto nivel, sería interesante establecer la relación entre la variable estudiada y el rendimiento en Crossfit, para poder hacernos una idea en mayor medida de que ocurre en la élite de este deporte. Además, que dichos sujetos participantes de la investigación no han cesado su actividad diaria pudiendo esto interferir en los datos medidos, por lo que de cara a investigaciones futuras habría que controlar que no entrenen entre las diferentes sesiones de toma de datos.

## **Conclusiones**

En conclusión, el rendimiento en los entrenamientos *Cindy* y una variante del mismo puede ser explicado por el 1RM en los movimientos de sentadilla y dominada en gran medida. El 1RM en press banca no parece ser un buen indicador de rendimiento en los entrenamientos estudiados. Podemos decir que se ha cumplido con el objetivo planteado para la realización de este estudio, es decir, el de analizar la relación entre el 1RM en los movimientos citados y los entrenamientos *Cindy* y su variante en función de las repeticiones por minutos.

Las principales limitaciones encontradas en la realización del mismo han sido por desadaptación de los sujetos con la metodología utilizada a la hora de medir el 1RM de los movimientos, por la desadaptación de los mismo en realizar a la máxima velocidad intencional la fase concéntrica en el test con encoder.

De cara al futuro es necesario continuar realizando más investigaciones que aborden el rendimiento en Crossfit ya que aún queda un largo por camino por recorrer con el fin de esclarecer los principales predictores de rendimiento en este deporte.

## Referencias bibliográficas

1. Bergeron, M. F., Nindl, B. C., Deuster, P. A., Baumgartner, N., Kane, S. F., Kraemer, W. J., Sexauer, L. R., Thompson, W. R., & O'Connor, F. G. (2011). Consortium for Health and Military Performance and American College of Sports Medicine consensus paper on extreme conditioning programs in military personnel. *Current sports medicine reports*, 10(6), 383–389. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e318237bf8a>
2. Box, A. G., Feito, Y., Petruzzello, S. J., & Mangine, G. T. (2018). Mood State Changes Accompanying the Crossfit Open™ Competition in Healthy Adults. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(3), 67. <https://doi.org/10.3390/sports6030067>
3. Carreker, J. D., & Grosicki, G. J. (2020). Physiological Predictors of Performance on the CrossFit "Murph" Challenge. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(7), 92. <https://doi.org/10.3390/sports8070092>
4. Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. S., Miranda, R. C., Mezêncio, B., Soncin, R., Cardoso Filho, C. A., Bottaro, M., Hernandez, A. J., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2018). CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine - open*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0124-5>
5. Crossfit. (2020). *Level 1 training guide*. (3<sup>a</sup> ed.). Crossfit, LCC. [http://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ\\_English\\_Level1\\_TrainingGuide.pdf](http://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_English_Level1_TrainingGuide.pdf)
6. Crossfit. (s.f.) *Workouts Games 2017*. <https://games.crossfit.com/workouts/games/2017>
7. Crossfit. (s.f.) *Workouts Games 2018*. <https://games.crossfit.com/workouts/games/2018>
8. Crossfit. (s.f.) *Workouts Games 2019*. <https://games.crossfit.com/workouts/games/2019>
9. Crossfit. (s.f.) *Workouts Games 2020*. <https://games.crossfit.com/workouts/games/2020>
10. Crossfit. (s.f.) *Workouts Games 2021*. <https://games.crossfit.com/workouts/games/2021>
11. Crossfit. (s.f.). *What is Crossfit?*. <https://www.crossfit.com/what-is-crossfit/>
12. Dexheimer, J. D., Schroeder, E. T., Sawyer, B. J., Pettitt, R. W., Aguinaldo, A. L., & Torrence, W. A. (2019). Physiological Performance Measures as Indicators of CrossFit® Performance. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(4), 93. <https://doi.org/10.3390/sports7040093>
13. Dinunzio, C., Porter, N., Van Scoy, J., Cordice, D., & McCulloch, R. S. (2019). Alterations in kinematics and muscle activation patterns with the addition of a kipping action during a pull-up activity. *Sports biomechanics*, 18(6), 622–635. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1452971>

14. Dominski, F. H., Serafim, T. T., Siqueira, T. C., & Andrade, A. (2020). Psychological variables of CrossFit participants: a systematic review. *Sport sciences for health*, 1–21. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11332-020-00685-9>
15. Eckel, T. L., Watkins, C. M., Archer, D. C., Wong, M. A., Arevalo, J. A., Lin, A., ... & Brown, L. E. (2017). Bench press and pushup repetitions to failure with equated load. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(5), 647-652.
16. Falk Neto, J. H., & Kennedy, M. D. (2019). The Multimodal Nature of High-Intensity Functional Training: Potential Applications to Improve Sport Performance. *Sports* (Basel, Switzerland), 7(2), 33. <https://doi.org/10.3390/sports7020033>
17. Feito, Y., Burrows, E. K., & Tabb, L. P. (2018). A 4-Year Analysis of the Incidence of Injuries Among CrossFit-Trained Participants. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 6(10), 2325967118803100. <https://doi.org/10.1177/2325967118803100>
18. Feito, Y., Heinrich, K. M., Butcher, S. J., & Poston, W. (2018). High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports* (Basel, Switzerland), 6(3), 76. <https://doi.org/10.3390/sports6030076>
19. Fernández, J. F., Solana, R. S., Moya, D., Marin, J. M. S., & Ramón, M. M. (2015). Acute physiological responses during crossfit® workouts. *European Journal of Human Movement*, 35, 114-124.
20. Glassman, G. (1 de octubre de 2002). *What is fitness?*. <https://journal.crossfit.com/article/what-is-fitness>
21. Glassman, G. (2003). A theoretical template for Cross Fit's programming. *CrossFit Journal*; 6: 1-5. Available at: [https://library.crossfit.com/free/pdf/06\\_03\\_CF\\_Template.pdf](https://library.crossfit.com/free/pdf/06_03_CF_Template.pdf)
22. Gómez-Landero, L. A., & Frías-Menacho, J. M. (2020). Analysis of Morphofunctional Variables Associated with Performance in Crossfit® Competitors. *Journal of human kinetics*, 73, 83–91. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0134>
23. González-Badillo, J. J., & Gorostiaga-Ayestarán, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. (3ª ed.). Editorial Inde.
24. González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>

25. Hak, P. T., Hodzovic, E., & Hickey, B. (2013). The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *Journal of strength and conditioning research*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000318>
26. Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
27. Joondeph, S. A., & Joondeph, B. C. (2013). Retinal Detachment due to CrossFit Training Injury. *Case reports in ophthalmological medicine*, 2013, 189837. <https://doi.org/10.1155/2013/189837>
28. Kliszczewicz, B., Quindry, C. J., Blessing, L. D., Oliver, D. G., Esco, R. M., & Taylor, J. K. (2015). Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit™ vs. Treadmill Bout. *Journal of human kinetics*, 47, 81–90. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0064>
29. Kliszczewicz, B., Snarr, R. L., & Esco, M. (2014). Metabolic and cardiovascular response to the CrossFit workout ‘Cindy’: A pilot study. *Journal of Sport and Human Performance*, 2(2), 1-9.
30. López-Chicharro, J., & Fernández-Vaquero, A. (2006). Sistemas energéticos en el ejercicio. En A. Fernández-Vaquero (Ed.), *Fisiología del Ejercicio*. (3ª ed., pp. 183-222). Editorial Médica Panamericana.
31. Martínez-Gómez, R., Valenzuela, P. L., Barranco-Gil, D., Moral-González, S., García-González, A., & Lucia, A. (2019). Full-Squat as a Determinant of Performance in CrossFit. *International journal of sports medicine*, 40(9), 592–596. <https://doi.org/10.1055/a-0960-9717>
- Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., García-Fernández, P., Garnacho-Castaño, M. V., & Domínguez, R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PloS one*, 12(7), e0181855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181855>
32. Meier, N., Rabel, S., & Schmidt, A. (2021). Determination of a CrossFit® Benchmark Performance Profile. *Sports* (Basel, Switzerland), 9(6), 80. <https://doi.org/10.3390/sports9060080>
33. Peña, J., Moreno-Doutres, D., Peña, I., Chulvi-Medrano, I., Ortegón, A., Aguilera-Castells, J., & Buscà, B. (2021). Predicting the Unknown and the Unknowable. Are Anthropometric Measures and Fitness Profile Associated with the Outcome of a Simulated CrossFit® Competition?. *International journal of environmental research and public health*, 18(7), 3692. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073692>

34. Redacción Zona Wod. (8 de abril de 2020). *¿Qué es WOD? Explicamos el significado de la palabra más popular de Crossfit.* <https://www.zonawod.com/que-es-wod/>
35. Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
36. Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E., & Pallarés, J. G. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *International journal of sports medicine*, 35(3), 209–216. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351252>
37. Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports medicine international open*, 1(2), E80–E88. <https://doi.org/10.1055/s-0043-102933>
38. Sánchez-Moreno, M., Cornejo-Daza, P. J., González-Badillo, J. J., & Pareja-Blanco, F. (2020). Effects of Velocity Loss During Body Mass Prone-Grip Pull-up Training on Strength and Endurance Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 34(4), 911–917. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003500>
39. Sanchez-Moreno, M., Pareja-Blanco, F., Diaz-Cueli, D., & González-Badillo, J. J. (2016). Determinant factors of pull-up performance in trained athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(7-8), 825–833.
40. Schlegel P. (2020). CrossFit® Training Strategies from the Perspective of Concurrent Training: A Systematic Review. *Journal of sports science & medicine*, 19(4), 670–680.
41. Tibana, R. A., de Sousa Neto, I. V., Sousa, N., Romeiro, C., Hanai, A., Brandão, H., Dominski, F. H., & Voltarelli, F. A. (2021). Local Muscle Endurance and Strength Had Strong Relationship with CrossFit® Open 2020 in Amateur Athletes. *Sports (Basel, Switzerland)*, 9(7), 98. <https://doi.org/10.3390/sports9070098>
42. Tillaar R. (2019). Comparison of Kinematics and Muscle Activation between Push-up and Bench Press. *Sports medicine international open*, 3(3), E74–E81. <https://doi.org/10.1055/a-1001-2526>

