



**FUERZA Y RENDIMIENTO EN CROSSFIT®: RELACIÓN
ENTRE LA FUERZA DINÁMICA MÁXIMA Y MÁXIMA
RELATIVA CON EL RENDIMIENTO EN EL WOD CINCY**

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE (CAFYD)

OPCIÓN B: MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

Autor: Adrián Fleitas Morales

Tutores: Dra. Carolina Castañeda Vásquez, Dr. Alejandro Muñoz López.

ABSTRACT

(ESP) Introducción. El CrossFit es uno de los entrenamientos emergentes más practicados del mundo. En la última década se ha investigado sobre su modelo de entrenamiento, competición y perfil óptimo de rendimiento sin llegar a un consenso claro. Por ello, se requiere una mayor profundización en la investigación de cada WOD.

Objetivos. Identificar factores de rendimiento para el WOD *Cindy* (5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas) desde el ámbito de la fuerza. Para ello se estudia la correlación que existe entre las vueltas al circuito con la Fuerza Dinámica Máxima absoluta (FDM) y relativa (FDMR)

Metodología. Trabajo de investigación con estudio de caso, siguiendo un modelo hipotético-deductivo, experimental y síncrono. Se estima la FDM y FDMR de 8 sujetos con rectas de regresión individual en la dominada, sentadilla y press de banca. Posteriormente, se realizan 20' del WOD *Cindy* y se estudian las correlaciones entre las variables implicadas.

Conclusiones. Ni la FDM o la FDMR parecen ser variables relevantes para el rendimiento del WOD. Sí se observó correlación bilateral significativa entre otras variables, positiva entre el peso corporal (PC) y la FDM, y negativa entre PC y FDMR.

Palabras clave: *CrossFit, Cindy, WOD, rendimiento, fuerza.*

(EN) Introduction. CrossFit is one of the emerging most practiced trainings of the world. New investigations have appeared during the last decade focussing on its training method, competitive model and performance profile. However, there doesn't seem to be a clear consensus and a bigger deeping in each WOD is required.

Objectives. Identify which force-related variables are relevant on *Cindy* WOD performance (5 pull-ups, 10 push-ups, 15 air squats). Relation between total laps realized and Maximal Dynamic Strength (MDS) and Maximal Relative Dynamic Strength (MRDS) is studied.

Methods. A short case study in which a hypothetical-deductive reasoning is applied in an experimental and synchronous model. First, MDS and MRDS is estimated by an individualized polynomial regression for 8 subjects (from a total of 30), in bench press, pull-ups and back squats. Second, a 20' *Cindy* WOD is realized for counting the total laps and studying the relation between all the variables involved.

Conclusions. Neither the MDS or the MRDS seem to be relevant variables for *Cindy* performance. A bilateral relation is observed between other variables, being positive between body weight (BW) and MDS, and negative between BW and MRDS.

Keywords: *CrossFit, Cindy, WOD, performance, strength.*

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| Introducción y Justificación | 3 |
| Marco teórico | 3 |
| El CrossFit | 3 |
| Orígenes | 4 |
| El fenómeno CrossFit | 5 |
| Sistema de entrenamiento | 8 |
| El WOD | 11 |
| Competición | 16 |
| Rendimiento en Crossfit | 17 |
| Cindy | 22 |
| Problemática | 23 |
| Objetivos | 24 |
| Metodología | 24 |
| Diseño de la investigación | 24 |
| Muestra poblacional | 25 |
| Identificación de las variables | 26 |
| Instrumentos | 26 |
| Procedimientos | 26 |
| Activación | 28 |
| Tests progresivo de cargas | 28 |
| Análisis de datos | 29 |
| Resultados | 30 |
| Discusión | 31 |
| Conclusiones | 34 |
| Limitaciones de la investigación | 35 |
| Líneas futuras de investigación | 35 |
| Bibliografía | 37 |
| Anexos | 44 |
| Estimación de la 1RM a través de una recta de regresión individual. | 44 |
| Consentimiento informado | 46 |
| Hoja de información. | 48 |

1. Introducción y Justificación

Hoy en día, el CrossFit está reconocido por ser uno de los entrenamientos de alta intensidad y funcional más empleados en el mundo (Claudino et al., 2018; Peña et al., 2021), siendo una disciplina deportiva muy novedosa y atractiva para el público general, tanto a nivel profesional como amateur (Bellar et al., 2015; Butcher et al., 2015; Dominski et al., 2020; Peña et al., 2021). Sin embargo, algunos autores aseguran que debido a su reciente auge, la información de calidad que se puede encontrar acerca de esta modalidad deportiva es escasa, al mismo tiempo que se han comenzado a realizar un mayor volumen de investigaciones sobre distintos aspectos de este deporte en la última década (Claudino et al., 2018; Mangine et al., 2021).

En esta línea, recientemente se han publicado investigaciones que se adentran cada vez más en este deporte, estudiando su modelo de competición (Gomez-Landero & Frías-Menacho, 2020; Mangine et al., 2021; Mangine et al., 2020; Peachment, 2021; Schlegel et al., 2020; Woolf & Lawrence, 2017) y perfil óptimo de rendimiento (Bellar et al., 2015; Butcher et al., 2015; Claudino et al., 2018; Dexheimer et al., 2019; Mangine et al., 2020; Meier et al., 2021; Paine et al., 2010; Siff, 2002; Smith et al., 2013) para facilitar la labor a los entrenadores y deportistas de esta disciplina.

Por un lado, la literatura parece sugerir la determinación de un perfil de rendimiento mixto, dependiendo tanto de vías oxidativas como anaeróbicas (Claudino et al., 2018; Mangine et al., 2021; Meier et al., 2021). Por otro lado, también se menciona la necesidad de estudiar cada WOD de referencia atendiendo a sus características individuales dada la gran variabilidad que hay entre cada uno de ellos (Butcher et al., 2015; Dexheimer et al., 2019). De esta manera, aunque hay algunos WOD's muy estudiados como el *Fran* y el *Grace*, parece que no se termina de conocer del todo cuales son los factores determinantes de otros como el *Cindy*.

2. Marco teórico

2.1. El CrossFit

Inicialmente, este deporte es diseñado y promovido como un programa de ejercicios capaz de mejorar el *funcional fitness* de sus practicantes, lo cual se podría traducir como un aumento del estado de forma física funcional de la persona. Para poder lograr esto, emplean una metodología basada en la combinación de ejercicios de fuerza con otros aeróbicos, aunando gestos provenientes de diferentes modalidades deportivas que, unidos, buscan a través de un entrenamiento de alta intensidad poner en forma física a los deportistas, desarrollando de manera simultánea la fuerza y la resistencia (Marinich et al., 2016; Peña et al., 2021; Glassman, G., CrossFit Origins, 2011; Schlegel, 2020). Algo muy similar a lo que en literatura universal se conoce como *cross-training*, tema en el que se indagará más adelante. (Tanaka, 1994)

Dicha metodología pretende lograr distintos efectos en el organismo de los sujetos que lo practican, destacando adaptaciones del sistema endocrino, inmunológico y nervioso, así como en el desarrollo de la fuerza y la resistencia, durante periodos de tiempo cortos y largos (Schlegel, 2020), ya que en definitiva, lo que esta disciplina trata de lograr es un acondicionamiento o mejora metabólica a gran escala en sus practicantes (Crawford et al., 2018).

De esta manera, y como cierre de este primer apartado introductorio, se entiende que el CrossFit se trata de una metodología de entrenamiento de alta intensidad basada en la combinación de ejercicios provenientes de diferentes modalidades y que, unidos, tienen como objetivo mejorar la forma física de los deportistas de la manera más amplia posible (Crawford et al., 2018; Marinich et al., 2016; Peña et al., 2021; Glassman, G., CrossFit Origins, 2011; Schlegel, 2020).

2.1.1. Orígenes

Para continuar desarrollando la idea del CrossFit, a continuación se ahonda en su pasado, sus orígenes y su historia, para de esta manera lograr comprender cuál es el hueco que éste ocupa en la sociedad actual.

En lo que respecta al origen del CrossFit, parece haber cierta discrepancia en cuanto a su fecha de florecimiento. En un primer momento, atendiendo a la testimonio que los creadores de la entidad han dado a distintos medios, se consideraría que el Crossfit surge en la década de los noventa a partir de las ideas de un joven gimnasta, Greg Glassman, quien se percató de que entrenando con peso libre y barras era capaz de obtener unas ganancias de fuerza superiores a las otros gimnastas (Glassman, G., CrossFit Origins, 2011; Glassman, G., What Is CossFit, 2011; Maté-Muñoz et al., 2017; Peachment, 2021; Salvatierra Cayetano, 2017). Esto, sumado a la fijación que este hombre tenía con el ejercicio aeróbico y de fuerza, más concretamente con el ciclismo y la halterofilia, es lo que fijó las bases para posteriormente comenzar a gestar la idea de lo que hoy en día conocemos como CrossFit. (Glassman, G., CrossFit Origins, 2011; Glassman, G., What Is CrossFit, 2011; Salvatierra Cayetano, 2017)

En un segundo plano, al seguir profundizando y contrastar la literatura científica publicada por distintos autores (Bishop, 2017; Dawson, 2015; Peachment, 2021; Salvatierra Cayetano, 2017), se halla también que el Crossfit se establece de manera oficial en el año 2000, cuando hace su primera incursión en la industria deportiva con la inauguración de su primer y único centro deportivo hasta la fecha, aunque también hay autores que sitúan este acontecimiento en el año 1995 y 2001 (Crossfit, Inc. v. Antonio Rey González, 2017; Salvatierra Cayetano, 2017; Woolf & Lawrence, 2017). No obstante, para que este fenómeno saliera a la luz hizo falta recorrer un periodo previo de más de veinte años de gestación, pues la idea encuentra su origen en el año 1974, cuando Glassman se encontraba en plena adolescencia. (Crossfit, Inc. v. Antonio Rey González, 2017; Glassman, G., CrossFit Origins, 2011; Glassman, G., What

Is CrossFit, 2011). Es decir, si bien la idea del CrossFit podría haber estado gestándose durante varias décadas, no es hasta el año 2000 cuando se considera que se construye la entidad y se comienza un proyecto de expansión de manera oficial.

De hecho, son estos últimos datos los que más concuerdan con la información de su web oficial y los ofrecidos por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO) y la Oficina de Propiedad Intelectual de la Unión Europea (EUIPO), donde según los registros referentes a la empresa norteamericana, el CrossFit no es un deporte amparado bajo ninguna federación, sino que se trata de una marca comercial registrada. Esta tiene sede en Washington D C, Estados Unidos de América, aunque fue fundada en California por Greg Glassman y Laura Jenai, quienes poseen la propiedad intelectual de la marca hasta el año 2026 (Crossfit, Inc. v. Antonio Rey González, 2017; EUIPO, s.f.; Peña et al., 2021)

De esta manera, coincidiendo con la inauguración de su primer gimnasio, a finales del año 1999 conoce la luz también la página web oficial de la entidad, y con ella la primera publicación del *CrossFit Journal*, en el año 2001. Fue a través de este medio digital por el cual la empresa pudo adquirir la visibilidad y el auge que tuvo durante las siguientes décadas, gracias principalmente a las publicaciones de los Works Of the Day (WOD's). Aunque a simple vista pueda parecer un genuino gesto de simpatía con sus lectores, ya que, en esencia, estos eran entrenamientos gratuitos que la marca anunciaba diariamente en su revista, la realidad es que estas publicaciones se hacían de manera premeditada como estrategia de marketing, y su verdadera finalidad era ganar visualizaciones. Sin embargo, desde el punto de vista de sus consumidores, estos pronto pasaron a representar una serie de retos que podían practicar con sus amigos para comprobar quien se encontraba en mejor forma física. Debido a esto, los WOD's adquieren cierta fama, lo que posteriormente lleva a la entidad a reinventar su concepción y configurarlos como la base de su modelo de competición (Bailey et al., 2019; Glassman, 2004; Omrani, 2019)

No obstante, todavía el CrossFit no habría alcanzado el reconocimiento mundial del que hoy en día goza. De acuerdo con los registros de la WIPO anteriormente citados, se podría señalar como una de las fechas más significativas en su historia el momento en el que éste llega a la Unión Europea, abriendo sus primeros gimnasios en los años 2006 y 2007, situando a la marca en un periodo de máxima expansión que haría que hoy en día la marca supere los diez mil centros oficiales registrados en la actualidad (entre 10.000 y 15.000 dependiendo de la fuente) y esté presente en ciento cincuenta y cuatro países y siete continentes. (American Fitness, 2010; Bishop, 2017; Claudino et al., 2018; Crossfit, Inc. v. Antonio Rey González, 2017; Hech Dominski et al., 2019; Peña et al., 2021; Woolf & Lawrence, 2017)

2.1.2. El fenómeno CrossFit

Recientemente, entendidos de diferentes ámbitos como la sociología, psicología y ciencias del deporte han estudiado el impacto que ha tenido la expansión del CrossFit en la sociedad, aunque parece ser que este fenómeno tiene una mayor aceptación en el continente americano,

siendo los Estados Unidos y Brasil los países en los que más centros se han registrado (Hech Dominski et al., 2019). A continuación se exponen algunas ideas que hacen que hablar de un completo fenómeno social no resulte desmesurado cuando se trata de esta disciplina.

Desde una perspectiva social, se aprecia claramente como el CrossFit ha empleado la formación de pequeñas comunidades locales como estrategia de marketing, lo cual ha resultado ser muy exitoso para la empresa. (Bishop, 2017; Dawson; 2015) La expansión de estas comunidades se basa en la promoción e instrucción de una misma ideología, valores y pautas de comportamiento comunes para todos los grupos, lo cual ha fomentado un fuerte sentimiento de pertenencia e identidad social hacia el grupo local, pero también hacia el movimiento global del CrossFit (Hogg & Abrams, 1988; Stets & Burke, 2000 citados por Wolf & Lawrence, 2017; Bishop, 2017; Dawson; 2015). Esta creación de comunidades, que fomenta el proceso de fidelización hacia la empresa, es potenciada por varios aspectos. Inicialmente destaca un sentimiento de superioridad que experimentan los practicantes de este deporte frente al resto de personas de la sociedad, impulsado por la visión generalizada sobre el elevado sacrificio físico y mental que supone practicar CrossFit (Hogg & Abrams, 1988, citado por Wolf & Lawrence, 2017) También es usual en estas pequeñas comunidades llevar a cabo iniciativas de voluntariado y vigilancia mutua de sus miembros, ofreciendo en ellas grupos de apoyo en los que las personas se refugian para realizar ejercicio en compañía.. Estos grupos, tras un periodo de consolidación y de forma paralela a los entrenamientos, desembocan en la realización de prácticas no deportivas, potenciando así el sentimiento de pertenencia grupal anteriormente mencionado (Bishop, 2017; Dawson; 2015).

Este sentimiento de superioridad y exclusividad que sienten los deportistas es un hecho que se manifiesta, entre otras cosas, en el propio lenguaje y la manera en la que los individuos del grupo se comunican. Un deportista que asiste a un centro deportivo tradicional diría que va a *entrenar al gimnasio*, mientras que un practicante de CrossFit emplea las palabras *box* y *WOD* en su lugar (Bishop, 2017). Esto no es algo que haya ocurrido de manera espontánea, pues la propia compañía ha sido la que ha promovido este lenguaje para transmitir su modelo de gimnasio y entrenamiento ideal. Estos *boxes* pretenden tener una apariencia simple y sin adornos de manera intencional, con espacios amplios y pocos materiales (pesas, barras, kettlebells, cuerdas, anillas, etc) y cuya finalidad es atraer a la población general simulando los “*gimnasios de garaje*” que cualquier persona podría construir en su casa con pocos recursos.

Otros aspectos que promueven la expansión del CrossFit es la proliferación de la idea de que cualquier persona es apta para practicar deporte de alta intensidad, lo cual es un mensaje muy atractivo para personas acomplejadas o marginadas de algún modo. De esta manera, nuevamente haciendo uso del lenguaje, el CrossFit populariza el término de *atleta* para que cualquier deportista amateur se sienta identificado con los atletas del más alto rendimiento, por lo que a sus centros asisten a entrenar personas de todos los ámbitos de la sociedad, independientemente de su condición física, profesión o nivel deportivo (Woolf & Lawrence, 2017; Gipson et al., 2021). Un ejemplo de esto es la idea, bastante extendida, de que

cualquier edad es válida para practicar este deporte, aceptando animando a personas de la tercera edad a entrenar en sus gimnasios (Bishop, 2017).

Todo ello ha llevado a que tanto sus practicantes como la sociedad en general pueda ver el CrossFit con caracteres secularistas (Dawson; 2015), pues también es habitual que sus practicantes compartan sus entrenamientos en redes sociales presumiendo de la exigencia y compromiso que requiere ser participe de sus actividades (Bishop, 2017). Este mismo hecho también se ve reflejado en el lenguaje que se emplea en los círculos del CrossFit, llegando a ser catalogado de *régimen* o *disciplina* de ejercicios, pues si bien pueden ser entendidos como sinónimos de *entrenamiento* o *metodología* adquieren distintos matices. Es esta visión estricta de la práctica deportiva, que considera habitual acciones como vomitar durante los entrenamientos, la misma que ha contribuido a construir el éxito que tiene hoy en día. (American Fitness, 2010; Dawson; 2015; Woolf & Lawrence, 2017)

Otro factor que facilita mucho la proliferación de este fenómeno es el sistema que emplea la empresa de cara a la inauguración de nuevos gimnasios (Peachment, 2021). El proceso de apertura de un centro deportivo de esta entidad es muy simple, probablemente en sus inicios los primeros gimnasios serían propiedad de la entidad, no obstante debido a la fama mundial que ha alcanzado, actualmente funciona a través de la expedición de licencias. Estas son concedidas a empresas externas que quieren iniciar un gimnasio CrossFit en su zona por una cuantía de 3.000\$ anuales, sin contar con los impuestos, que dependen del país en el que se encuentre cada centro (Heinrich et al., 2017; Herz, 2014; Peachment, 2021). Asimismo, CrossFit Inc. estudia cada caso de manera individual y decide si finalmente vende la licencia o no, atendiendo a una serie de requisitos que se encuentran definidos en su página web (CrossFit®, s.f.). Los principales requisitos que pide la institución son contar con una persona con el Certificado de nivel 1 de CrossFit, un seguro, una página web para promocionar el negocio y realizar el pago de las tasas anuales (Heinrich et al., 2017; Herz, 2014; Peachment, 2021; Woolf & Lawrence, 2017). Por lo tanto, cuando un particular quiere iniciar un proyecto de centro deportivo bajo la marca registrada de la entidad este debe pagar por su usar nombre a parte de los gastos económicos que supone arrancar un proyecto de dichas características, mientras que la entidad se exime de cualquier responsabilidad o compromiso con el centro a la vez que continúa expandiéndose (Woolf & Lawrence, 2017). Esto es algo que contrasta mucho con otros modelos de negocio internacionales como las franquicias de McDonalds o Burger King, donde la empresa tiene un nivel de implicación mucho mayor en todos sus centros, llegando incluso a ofrecer financiamiento a sus franquiciados. (Padilla Sanchez, 2018)

En definitiva, todos los autores coinciden a que gran parte del éxito que esta disciplina tiene es al factor psicológico y la satisfacción que este genera en sus practicantes (Hech Dominski et al., 2019), así como lo abierto que son sus métodos, ya que se pueden encontrar entrenamientos y guías fácilmente a través de internet (Peachment, 2021; Herz, 2014; Glassman, 2007). Todo ello favorece la adherencia a sus planes de entrenamiento, lo cual aumenta el compromiso del deportista y promueve la aparición de mejoras fisiológicas (Hech

Dominski et al., 2019). Y aunque es evidente que en primera instancia la compañía emplea esto como herramienta de márketing, también hay que decir que la industria del CrossFit probablemente haya salvado a multitud de personas de padecer enfermedades crónicas, animándolas a cuidar su alimentación, sueño, nivel de estrés, lo que finalmente favorece la mejora de su calidad de vida (Level 1 Training Guide, 2018; Glassman, 2017, citados por Gripson et al., 2021)

No obstante, todo este ambiente de compañerismo y adherencia no tendría tanto éxito sin la otra cara de la moneda, la competición. El CrossFit transforma al deportista en una persona competitiva, tanto de cara a los demás como ante sí mismo, basando el propio modelo de entrenamiento en una competición constante (Peachment, 2021). Esta competición, dentro del mundo del CrossFit, no tiene las mismas características que la que se da en otros deportes. Sus practicantes la describen como una “celebración”, un día de festejo junto a su comunidad, en el que se animan unos a otros aunque no se conozcan previamente. Esto les ayuda a socializar y a hacer nuevas amistades, lo cual refuerza aún más su sentimiento de pertenencia y por lo tanto su adherencia a los entrenamientos y fidelización hacia la empresa. (Woolf & Lawrence, 2017). De esta manera, se comprende la evolución que ha tenido el deporte, desde una práctica reservada a pequeñas comunidades locales hasta llegar al fenómeno competitivo mediático que es hoy en día.

2.1.3. Sistema de entrenamiento

Al igual que en sus inicios, en la actualidad el CrossFit constituye una parte muy importante de muchos sistemas de entrenamiento empleados en academias de policías, cuerpos militares y para atletas de élite pero, ¿en qué consiste exactamente el método CrossFit? (American Fitness, 2010; Peachment, 2021; Herz, 2014)

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el Crossfit se basaría en la combinación de ejercicios de fuerza y resistencia dentro de una misma sesión, combinando el ejercicio de múltiples deportes distintos para crear al atleta más equilibrado (American Fitness, 2010; Marinich et al., 2016; Peña et al., 2021; Glassman, G., CrossFit Origins, 2011; Schlegel, 2020). Para lograrlo, se hace uso del entrenamiento interválico de alta intensidad tipo HIIT y del *entrenamiento funcional* principalmente (Claudino et al., 2018; Schlegel, 2020). También destaca el implemento de gestos deportivos característicos de los levantamientos olímpicos, gimnásticos (Hak et al., 2013; Grier et al., 2013; Weisenthal et al., 2014; Woolf & Lawrence, 2017; Gomez-Landero & Frías-Menacho, 2020), el powerlifting, la calistenia y las competiciones de Strongman (Gomez-Landero & Frías-Menacho, 2020; Peña et al., 2021) en lo referente a la fuerza, y de otros deportes como el ciclismo y el atletismo para el entrenamiento de la resistencia o cardiovascular (Gomez-Landero & Frías-Menacho, 2020; Schlegel, 2020; Woolf & Lawrence, 2017). No obstante, se puede observar que cuando los autores hablan de esta disciplina, en ningún momento se menciona el entrenamiento de otras capacidades físicas como la amplitud de movimiento, coordinación o la implicación de vías metabólicas oxidativas, por lo que no se pueden extraer conclusiones en lo referente a ellas, a

pesar de que se da por entendido en la mayoría de estudios al hacer referencia al *atleta más equilibrado*.

No obstante, no es necesario ahondar demasiado en su metodología de entrenamiento para caer en la cuenta de que se destapan corrientes de entrenamiento que ya existían y eran estudiadas previas a la aparición del CrossFit, y a partir de las cuales este ha construido su propia metodología, como es el caso del *entrenamiento concurrente*, *cross-training* y *entrenamiento funcional*.

En primer lugar, Schlegel (2020) destaca que el CrossFit se nutre mucho del *concurrent training* o *entrenamiento concurrente*, el cual se lleva estudiando desde la década de los ochenta. Esta metodología de entrenamiento se caracteriza por incluir dentro de una misma programación el trabajo de distintas capacidades físicas, generalmente lo que tradicionalmente se entiende como entrenamiento de fuerza y resistencia, lo cual es utilizado en la mayoría de deportes hoy en día (Schlegel, 2020;). Sin embargo, es cierto que a lo largo de la historia esto es un fenómeno que ha causado cierta polémica por las interferencias que puede acarrear para la mejora de todas las capacidades. Las conclusiones a las que han llegado distintos análisis y revisiones bibliográficas parecen llevar cierta sintonía, pues los autores indican pueden existir interferencias cuando los entrenamientos de distintas capacidades se realizan dentro de una misma sesión debido a la distinción entre las vías energéticas que se emplean para cada ejercicio (Wilson et al., 2012), por lo que se recomienda separar los trabajos por un periodo de descanso de al menos 6h (Berryman et al., 2019; Mathenitis, 2018). Sin embargo, hay que tener en cuenta que hay estudios en los que se registra mucha diferencia interindividual, por lo que es necesario adaptar los entrenamientos a las demandas y capacidades de cada deportista, ya que dependiendo de cómo se estructuren, estos podrían entorpecer o favorecerse mutuamente (Berryman et al., 2019; Wilson et al., 2012). También es necesario poner estos estudios en el contexto adecuado, pues generalmente van enfocados al rendimiento en deportes de resistencia cíclicos como el atletismo, ciclismo o la natación y con una población experimentada o profesional, pero cuando se trata de población amateur y no existen objetivos de rendimiento bien definidos, las interferencias que pueda producir el entrenamiento simultáneo son un precio muy bajo a pagar a cambio de las grandes mejoras que causa en la salud global de las personas (Mathenitis, 2018). Por último, también se encuentra que los ejercicios de alta intensidad y cortos periodos de activación como los de tipo HIIT o SIT minimizan las interferencias en las ganancias de fuerza (Berryman et al., 2019; Mathenitis, 2018), lo cual es algo que está bastante presente en las sesiones de CrossFit como ya se ha expuesto con anterioridad.

En segundo lugar se encuentra el *cross-training*, el cual también se trata de una metodología ampliamente estudiada desde al menos la década de los noventa (Tanaka, 1994), sobre todo y al igual que en el *entrenamiento concurrente*, en lo que respecta a los deportes de resistencia como el triatlón, ciclismo o la carrera a pie. Esta es una rama del entrenamiento muy similar a la anterior pero visto desde un prisma diferente, pues en este caso se centra en el estudio de la transferencia causa en el rendimiento de una disciplina la realización de ejercicios de distinta

naturaleza. Siguiendo con el ejemplo del triatlón, este método consistiría en la idea de que un aumento en el rendimiento en uno de los segmentos, como es el ciclismo, transfiere cierta mejora a los otros, la natación y la carrera a pie, y viceversa. Esto ocurriría incluso con ejercicios que no se incluyen dentro de la propia competición de triatlón como es el esquí de fondo (Tanaka, 1994). De esta manera, la diferencia que existe con el concepto anterior es que, se denomina *cross-training* a un entrenamiento cuando los ejercicios de distintas vías metabólicas se realizan dentro de la misma sesión de entrenamiento. Asimismo, de igual manera que ocurría con los autores del apartado anterior, esta es una metodología útil sobre todo para la población general, pues los atletas profesionales no encuentran tantas ganancias en el rendimiento de su disciplina como lo harían al realizar las sesiones de fuerza y resistencia por separado.

Por último, en lo que respecta al *entrenamiento funcional*, al igual que los otros dos es un campo ampliamente estudiado con antelación al nacimiento del CrossFit, si bien es verdad que es un término que puede llevar a cierta confusión por las definiciones tan diversas que ha adquirido. En primer lugar, recurriendo al Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE), entre sus múltiples acepciones son varias las que podrían entrar en el ámbito de la actividad física. Por un lado define la palabra *funcional* como un adjetivo que se emplea para calificar algo de estar diseñado, organizado, ser eficiente y estar adecuado a sus fines. Por otro lado, se emplea también para catalogar lo relativo a las funciones biológicas o psíquicas (RAE, 2020). En segundo lugar, el American College of Sports Medicine describe este tipo de entrenamiento como un método que se desarrolla al emplear conceptos de anatomía funcional y organizar el entrenamiento en base a necesidades, gestos y movimientos específicos de cada persona. Se destaca el uso de movimientos multiarticulares y su utilidad para procesos de rehabilitación (ACSM, 2005). Por último, Isidro et al. (2007) y Heredia et al. (2014) contribuyen a completar la definición del término añadiendo que este debe basarse en la transferencia a actividades de la vida cotidiana de la persona y en el estudio del sistema psico-biológico humano. Con todo ello y en recopilación, se entiende el *entrenamiento funcional* como aquel que se planifica en base a la anatomía funcional y las funciones biológicas naturales del ser humano, buscando siempre la adecuación a los objetivos y de acuerdo a las características de cada persona. No obstante, el hecho de que en la definición de este entrenamiento aparezcan palabras con raíz compartida (*funcional* y *funciones*) podría llevar a cierta confusión y por consecuencia dificulta también la comprensión del sistema de entrenamiento del CrossFit.

Una vez aclarados los orígenes metodológicos de esta disciplina, a continuación se reúnen las características específicas que tiene su sistema de entrenamiento de acuerdo con diferentes autores.

En cuanto a la selección de ejercicios, este tiene una manifiesta tendencia de “vuelta a los básicos” (Bishop, 2017), fomentando que sus deportistas dejen de lado la idea de gimnasio tradicional con entrenamientos con máquinas, diseñadas para trabajar gestos aislados, para

aprender a realizar ejercicio con el mínimo material posible, muchas veces únicamente haciendo uso exclusivo de su propio peso corporal (Gipson et al., 2021).

En relación al diseño de las sesiones, la entidad deja poco margen para la libre disposición de cada centro, pues esta hace públicos los modelos de sesión de cada día en su página web oficial. Estas propuestas que realiza la administración central son modelos que pueden estar sujetos a modificaciones de acuerdo con el estado de cada deportista, pero la finalidad es que tras un periodo de adaptación progresiva todo el mundo realice entrenamientos similares independientemente de donde se encuentre el centro al que asiste. (Woolf & Lawrence, 2017)

Por último, respecto a la variable de volumen, los circuitos pueden ser medidos por diferentes parámetros, pero generalmente se contabiliza en tiempo empleado o repeticiones totales llevadas a cabo (Butcher et al., 2015). No obstante, en lo que respecta a evaluación y seguimiento de la planificación de los deportistas, el CrossFit podría tener carencias, pues al renegar de muchas máquinas y dispositivos de entrenamiento con su filosofía de “vuelta a los básicos”, de la que ya se hizo referencia, también podrían desaprovechar la ventaja que aportan las nuevas tecnologías para la evaluación y programación de los entrenamientos. (Bishop, 2017)

Este sistema de entrenamiento, de alta intensidad, con implicación de grandes grupos musculares y con poco o ningún descanso, puede traer tanto beneficios como perjuicios para sus practicantes, por lo que causa cierta controversia en entornos clínicos. Es posible hallar publicaciones relacionadas con la salud y traumatología de sus practicantes en las que, por un lado, se puede encontrar evidencia de que la probabilidad de lesión en el CrossFit es similar o inferior a la de otras modalidades deportivas, como el atletismo o actividades físicas recreacionales (Grier et al., 2013; Hak et al., 2013; Weisenthal et al., 2014), haciendo que el porcentaje de sujetos lesionados en una población entrenada sea del 19%, 24% y 31% (Weisenthal et al., 2014; Summitt, 2016; Sprey et al., 2016). Mientras tanto, por otro lado, también es posible encontrar estudios que, con muestras similares, contradicen estas afirmaciones, exponiendo que al menos una vez en la vida aparecen lesiones de hombro, lumbares, codo y antebrazo en el 74% de los deportistas (Hak et al., 2013). De nuevo, lo más importante para determinar el efecto de estos entrenamientos será la planificación y programación que se escoja para cada deportista. Si se tienen en cuenta las características interindividuales se pueden causar efectos muy favorables en la composición corporal y forma física general, mientras que si no se controla el volumen que se le induce a cada deportista descende el rendimiento y el riesgo de lesión se dispara (Claudino et al., 2018)

2.1.4. EL WOD

Anteriormente ya se ha hecho mención de los WODs o *Workouts of the Day*, pero para poder comprender en profundidad y de manera práctica la metodología de entrenamiento característica de la empresa es necesario retomar esta idea y explicarla con mayor profundidad. Llegados a este punto, se puede citar a algunos autores (Bailey et al., 2019;

Butcher et al., 2015; Omrani, 2019) que definen los WODs como una combinación de movimientos que se llevan a cabo en forma de circuitos de alta intensidad. Estos deben realizarse siempre lo más rápido posible (Bailey et al., 2019; Omrani, 2019) y con poco o ningún descanso (Claudino et al., 2018). El tipo de ejercicios que conforman estos trabajos, y siguiendo la línea de lo expuesto en apartados anteriores, se basa en la constante variación y combinación de movimientos gimnásticos, funcionales, ejercicios de fuerza, actividades de gran implicación cardiovascular. (Claudino et al., 2018; Gomez-Landero & Frías-Menacho, 2020)

Ya se ha hecho mención en otros apartados que el CrossFit es constante competición, y así mismo se refleja durante las propias sesiones de entrenamiento, ya sea en ejercicios contra una mejor marca personal o contra los demás participantes de la sesión (Peachment, 2021). En todo este proceso es donde entran en juego los diferentes WODs, pudiendo hacer una primera distinción entre dos tipos; aquellos diseñados para el entrenamiento y fomentar la competencia entre compañeros (Maté-Muñoz et al., 2017; Peña et al., 2021), y los destinados inicialmente hacia modelos de competición élite, como es el caso de los que se realizan en los CrossFit Games (Martínez-Gómez et al., 2019), por lo que se entiende que estos últimos serían demasiado exigentes para el público general, a diferencia de los primeros que requerirían de un nivel de preparación física menor.

De acuerdo con la literatura científica, también es posible clasificar los distintos WODs de acuerdo con los ejercicios que se emplean para su diseño, encontrando tres tipos: los compuestos por gestos gimnásticos, de levantamiento de peso o gestos olímpicos y los que incluyen trabajos de acondicionamiento metabólico (Maté-Muñoz et al., 2017; Woolf & Lawrence, 2017). Como ejemplo del primer grupo se puede mencionar al *Cindy*, el cual consiste en realizar durante veinte minutos las máximas vueltas posibles a un circuito de tres fases en las cuales hay que realizar 5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas. De esta manera, en el segundo grupo se podría incluir un WOD de cinco minutos haciendo el máximo número de power cleans posibles con el 40% de la 1RM, mientras que en el tercero trabajos como el de 8 sets de 20 segundos de saltos dobles a la comba, con 10 segundos de descanso entre sets y tratando de realizar el mayor número de saltos posible. (Maté-Muñoz et al., 2017)

De igual manera, también existe un término recurrente en la literatura referente a esta disciplina, los *Benchmark WODs* o WODs de referencia. Estos son aquellos que la compañía, con el paso del tiempo, ha establecido como ejercicios de referencia para determinar el estado físico de los deportistas (Butcher et al., 2015; Dexheimer; Mangine et al., 2021; Meier et al., 2021; Peña et al., 2021; Zeitz et al., 2020). Normalmente tratan de abordar ejercicios distintos, de forma que cada uno parece centrarse en unos gestos y capacidades específicas del CrossFit. Por ello, a diferencia de aquellos que se realizan en las competiciones, a estos se les termina poniendo nombre propio con el paso del tiempo (*Fran, Isabel, Grace...*), mientras que los de los CrossFit Games son denominados por una serie de números separados por un punto, siendo el primero de ellos el año en el que se celebró la prueba y el segundo el orden que tuvo dentro de la misma (19.1, 11.1, 11.3....) (Zeitz et al., 2020)

A continuación, en la *Tabla 1* se muestra una recopilación de los WODs más emblemáticos de la empresa atendiendo a distintos autores. En ella únicamente aparecen aquellos que están diseñados como entrenamientos (Maté-Muñoz et al., 2017; Peña et al., 2021) y considerados de referencia o *benchmark* para la organización y la literatura científica, ya que carecería de sentido recopilar todas las pruebas realizadas en los CrossFit Games y CrossFit Open, pues muchos pasan a la historia como pruebas puntuales sin adquirir mayor trascendencia. (Butcher et al., 2015; Mangine et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2019; Maté-Muñoz et al., 2017; Meier et al., 2021; Peña et al., 2021; Serafini et al., 2018; Toledo et al., 2021; Zeits et al., 2020)

Tabla 1a

Recopilación de WOD's de referencia en la literatura científica.

| Nombre | Tipo de WOD | Descripción |
|-----------|-----------------------|---|
| Fran | Por tiempo (for time) | 21-15-9 repeticiones de Thrusters con 95/65lb (H/M) y dominadas |
| Grace | Por tiempo (for time) | 30 Clean & Jerks con 135/95lb (H/M) |
| Helen | Por tiempo (for time) | 3 rondas de: 400m a pie 21 kettlebell swings (1'5/1 pood) 12 dominadas |
| Filthy-50 | Por tiempo (for time) | 50 saltos a caja (24 in) 50 dominadas con salto 50 kettlebell swings (1 pood) 50 pasos de walking lunge 50 knees to elbows 50 press de hombros (45 lb) 50 Back extensions 50 Wall ball shots (20 lb) 50 Burpees 50 Double unders |

Nota: Recopilación de los WODs de referencia de acuerdo con la literatura científica. Adaptado de Butcher et al., 2015; Mangine et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2019; Matê-Muñoz et al., 2017; Meier et al., 2021; Peña et al., 2021; Serafini et al., 2018; Toledo et al., 2021; Zeits et al., 2020

Tabla 1b

Recopilación de WOD's de referencia en la literatura científica.

| Nombre | Tipo de WOD | Descripción |
|----------------|--|--|
| Fight-Gone-Bad | 3 rondas para total de repeticiones en 17' | 1' lanzamientos de balón a pared (24/14lb) 1' peso muerto sumo (75/55) 1' saltos a caja (20in) 1' press de hombro (75/55lb) 1' de máximas calorías en cuerda 1' de descanso |
| Isabel | Por tiempo (for time) | 30 Snatch (135/95 lb) |
| Kelly | Por tiempo (for time). 5 rondas | 400m a pie 30 saltos a caja (24/20in) 30 lanzamientos de balón a pared (20/14lb) |
| Cindy | Por vueltas (AMRAP), 20' | 5 dominadas 10 flexiones 15 sentadillas |
| CrossFit-Total | 1RM (for total load) | 90' para hacer 1RM en sentadilla, press de hombros y peso muerto |

Nota: Recopilación de los WODs de referencia de acuerdo con la literatura científica. Adaptado de Butcher et al., 2015; Mangine et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2019; Matê-Muñoz et al., 2017; Meier et al., 2021; Peña et al., 2021; Serafini et al., 2018; Toledo et al., 2021; Zeits et al., 2020

2.1.5. Competición

Dado el elevado carácter competitivo que ha adquirido el deporte en los últimos años, en ocasiones se ha tratado de identificar las variables fisiológicas más relevantes en su rendimiento con el fin de poder aplicar estos conocimientos a la optimización de sus entrenamientos, pues aunque se trate de una disciplina que incorpora capacidades aeróbicas y anaeróbicas, la evidencia que existe acerca de cómo afecta la expresión de estas capacidades en la competición es muy escasa. (Bellar et al., 2015; Butcher et al., 2015; Mangine et al., 2021)

El sistema de organización actual de la competición en CrossFit está diseñado de tal manera que, en principio, cualquier persona tenga la posibilidad de llegar al más alto rendimiento a través de distintos un único mecanismo clasificatorio. Al igual que en otros deportes individuales este comienza con competiciones locales de inscripción abierta, que se celebran simultáneamente en todos los gimnasios del mundo. A este primer nivel se le llama los CrossFit Open, la versión abierta del torneo, la cual consiste en un periodo de 5 semanas de duración en las que los deportistas deben de completar 1 o 2 retos semanales para los que disponen con un máximo de 4 intentos semanales. (CrossFit, 2019; Glassman, 2010, citados por Mangine et al., 2021; Mangine et al., 2020). Los atletas, generalmente realizan las actividades en el mismo gimnasio en el que entrenan, con la condición de que se halle presencialmente un juez titulado. Este reúne los mejores datos semanales de cada deportista del centro, y posteriormente se añaden a los datos de otros centros para crear un ranking general entre todos los participantes del planeta. Aquellos deportistas que lleguen lo suficientemente alto en esta competición serán los que puedan optar a competir en la versión élite de la competición, los CrossFit Games, a la cual sólo pueden asistir 150 deportistas (American Fitness, 2010; Mangine et al., 2020; Meier et al., 2021). Sin embargo, esto no siempre ha sido así. Inicialmente, en 2007, el modelo de competición consistía en un único evento, lo que hoy en día es la versión élite, pero debido al elevado número de participantes en 2011 la compañía se vió obligada a instaurar los CrossFit Open, la cual sirve para aplicar un primer filtro a su población de deportistas (Peachment, 2021; Woolf & Lawrence, 2017). Para terminar de poner en contexto el crecimiento que experimentó la modalidad competitiva de este deporte, hay que mencionar que en un periodo menor a diez años, desde el año 2011 hasta el 2018, el número de usuarios inscritos al Open pasó de 26.000 a 415.000 (Peachment, 2021).

Un aspecto que llama bastante la atención es el referente al diseño de las actividades de la competición, y es que los WODs no son publicados hasta el mismo momento de la prueba. Con esto la organización pretende que los atletas estén preparados para completar cualquier tipo de prueba, aunque es evidente que las pruebas siempre encajan con las características esenciales del CrossFit y su sistema de entrenamiento (Schlegel et al., 2020; Meier et al., 2021). Generalmente estas actividades están diseñadas para incluir movimientos gimnásticos y pliométricos junto con ejercicios tradicionalmente entendidos como de fuerza o de

resistencia. Todo ello, generalmente, de la mano con trabajos de distintas demandas energéticas, obligando al deportista a variar entre distintas vías durante periodos de tiempo relativamente cortos (Glassman, 2010, citado por Mangine et al., 2021; Meier et al., 2021). Asimismo, la forma más común de plantear estas actividades es a través de las llamadas AMRAP o *as many repetitions as possible*. En este tipo de pruebas la organización establece un tiempo máximo para que los deportistas realicen todas las repeticiones que puedan del circuito que planeen, de tal manera que cada atleta traza su propia estrategia de competición en base al tiempo de descanso y ritmo que decide tomar durante la competición, de tal manera que cada deportista puede optar por una estrategia distinta para gestionar la fatiga. Debido a esta alta variabilidad que crean los factores implicados, como el estado psicológico del atleta, número de intentos que realiza, el ritmo y el tiempo de descanso intra-WOD, la situación de competición es realmente difícil de reproducir en un laboratorio, por lo que no existen investigaciones tan específicas acerca del rendimiento en CrossFit. (Gomez-Landero & Frías-Menacho, 2020; Mangine et al., 2020; Mangine et al., 2021)

2.1.6. Rendimiento en Crossfit

Tras realizar una búsqueda sobre el rendimiento en CrossFit, lo primero que destaca es que en la literatura científica ese tema se encuentra ampliamente relacionado con la *capacidad funcional* y el nivel de *fitness* y *fitness aeróbico* del atleta (Bellar et al., 2015; Paine et al., 2010; Smith et al., 2013). No obstante, es evidente que estos son términos genéricos que no aportan claridad a la comprensión del deporte, pues a lo largo de la realización de esta investigación no se ha encontrado una descripción cerrada y clara de dichos términos dentro de la comunidad científica internacional, tal y como se expuso en apartados previos. Esto coincide con las declaraciones de la National Strength and Conditioning Association (NSCA), pues el autor de la publicación remarca que en muchas ocasiones estos términos o metodologías de trabajo, que en un inicio se presentan como hipótesis, son aceptados como dogmas o simplemente adoptados como modas por muchas organizaciones, al igual que ocurre con muchos otros. Asimismo, todos ellos comparten cierta connotación abstracta al no ser capaz de responder a preguntas básicas cómo el *cuándo*, *cómo*, *cuánto* y *por qué* emplear cada término o metodología de entrenamiento (Siff, 2002). Por ello, para poder realizar un análisis más profundo de los factores determinantes del rendimiento en CrossFit, a continuación se tratan variables medibles, evaluables y con una descripción cerrada, por lo que es necesario remitirse a capacidades más primarias de los sujetos (Mangine et al., 2020).

De igual modo, también existe la problemática referente a la amplia ramificación que caracteriza al CrossFit, pues al existir un número tan elevado de WODs y tanta variabilidad e incertidumbre en cuanto a su diseño, algunos investigadores mencionan que pueden existir diferencias entre las variables que determinan el rendimiento en cada uno de los circuitos (Butcher et al., 2015; Dexheimer et al., 2019; Meier et al., 2021). Aun así, con el fin de facilitar la comprensión de este deporte a continuación se trata de sintetizar las capacidades que entran en juego de manera general, asumiendo el error que comentan los autores, pues dada la falta de evidencia científica en estudios de campo sería muy complejo analizar de

manera detallada los factores que entran en juego en cada WOD (Claudino et al., 2018; Mangine et al., 2021; Meier et al., 2021).

Tabla 2a*Recopilación de variables estudiadas en el rendimiento en CrossFit*

| Variable | Estudio |
|--|---|
| FDM / 1RM | (Barbieri et al., 2017; Butcher et al., 2015; Dexheimer et al., 2019; Martínez-Gómez et al., 2019; Meier et al., 2021; Serafini et al., 2018) |
| FDMR | (Martínez-Gómez et al., 2019; Martínez-Gómez, 2020) |
| RFD y velocidad de desplazamientos de las cargas | (Mangine et al., 2020; Martínez-Gómez, 2020) |
| Pico de potencia (máxima y relativa) | (Martínez-Gómez et al., 2019) |
| Salto vertical | (Mangine et al., 2020; Martínez-Gómez, 2020) |
| VO2máx | (Bellar et al., 2015; Dexheimer et al., 2019; Martínez-Gómez et al., 2020; Zeits et al., 2020) |
| Umbral de Lactato | (Bellar et al., 2015; Butcher et al., 2015; Feito et al., 2018; Zeits et al., 2020) |
| VO2 al UV2 | (Mangine et al., 2020) |

Tabla 2b*Recopilación de variables estudiadas en el rendimiento en CrossFit*

| Variable | Estudio |
|--|---|
| Área de sección transversal | (Mangine et al., 2020) |
| Experiencia | (Bellar et al., 2015; Mangine et al., 2020; Mangine et al., 2021) |
| Variables psicológicas (percepción de esfuerzo, motivación, satisfacción, etc) | (Bellar et al., 2015; Dominski et al., 2020) |
| Composición corporal | (Mangine et al., 2020; Zeits et al., 2020) |
| Potencia anaeróbica | (Bellar et al., 2015; Dexheimer et al., 2019) |

Por una parte, dentro de lo que tradicionalmente se entiende como resistencia, cada grupo de investigación señala diferentes variables; la capacidad aeróbica ($VO_{2\text{máx}}$) (Bellar et al., 2015; Dexheimer et al., 2019; Gomez-Landero & Frías-Menacho, 2020; Martínez-Gómez et al., 2020; Zeits et al., 2020), el umbral de lactato, (Bellar et al., 2015; Butcher et al., 2015) y la potencia anaeróbica (Bellar et al., 2015) han demostrado ser importantes en el rendimiento en diferentes WODs.

En contraposición a esto, también hay autores que destacan los valores de fuerza como principales predictores del rendimiento de un atleta de CrossFit, explicando que aunque los relativos a la resistencia sí influyen en el desarrollo de la actividad y pueden llegar a optimizar el desarrollo de otras capacidades, no se pueden establecer como indicador de su rendimiento a diferencia de los primeros (Bellar et al., 2015). No obstante, al igual que ocurre con la resistencia, dependiendo del estudio que se analice puede resaltar más una variable que otra sin lograr llegar a una total consenso. Aún así, diversos autores identifican la fuerza máxima (FDM) (Butcher et al., 2015; Martínez-Gómez et al., 2019), fuerza máxima relativa al peso corporal (FDMR) (Martínez-Gómez et al., 2019; Martínez-Gómez et al., 2020), la potencia y la velocidad de desplazamiento de las cargas como buenos indicadores (Mangine et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2019). Asimismo, de entre todos los gestos en los que el atleta puede expresar fuerza, resaltan más interesantes en el CrossFit la sentadilla, el peso muerto, press militar, press banca, snatch, clean & jerk y el salto vertical (Mangine et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2020; Meier et al., 2021; Zeits et al., 2020).

Paralelamente, otros autores también han analizado otro tipo de variables como las psicológicas, que aunque no se relacionan directamente con la práctica deportiva también afectan a su rendimiento promoviendo una mayor adherencia a los entrenamientos (Bellar et al., 2015; Dominski et al., 2020). Los aspectos más destacables en este ámbito son la percepción del esfuerzo, satisfacción, adicción, motivación y el disfrute (Bellar et al., 2015). Además, se ha podido encontrar relación entre el aumento de dicha adherencia y la mejora de variables fisiológicas, por lo que también son un aspecto fundamental en el rendimiento de los deportistas (Dominski et al., 2020). Estas mismas ideas concuerdan con las de investigadores del campo de la psicología deportiva, que aunque no se centren en el Crossfit sí refuerza las conclusiones de los autores ya mencionados (Butler, 2020; Hardy et al., 2018).

Del mismo modo, se podría incluir dentro de este grupo de variables los años de experiencia practicando CrossFit y lo habituado que esté el atleta a la competición, ya que en gran parte esto dependerá de la psicología de cada atleta. Aunque estas puedan parecer medidas poco fiables, ya que son muy relativas a las circunstancias de la persona, ha resultado ser un dato muy útil para predecir el rendimiento que tendrán los deportistas en una prueba (Bellar et al., 2015; Mangine et al., 2020; Mangine et al., 2021). Esto no quiere decir que la mejora en el rendimiento sea una causa directa de los años de experiencia entrenando, sino que probablemente se trate de un indicador del efecto que causa la mejora de las variables fisiológicas en la persona, las cuales mejoran con el tiempo siempre y cuando se lleve una planificación adecuada (Higuchi et al.,

2011; Kida et al., 2005; Micklewright et al., 2015; Santalla et al., 2009, citados por Mangine et al., 2021).

Haciendo síntesis de la información expuesta en los apartados relativos al entrenamiento y rendimiento en CrossFit, una visión global del conjunto de todas las investigaciones sugiere que el rendimiento en este dependería tanto vías oxidativas como anaeróbicas para la producción de energía. No obstante, el conocimiento existente en la literatura científica vigente está poco asentado debido a las escasas investigaciones que lo respaldan o las contradicciones que se encuentran entre algunas de ellas (Claudino et al., 2018; Mangine et al., 2021). A ello se le debe sumar la vasta extensión que tiene el CrossFit, pues al ser una disciplina tan variada, pueden existir desigualdad entre los factores que determinan el rendimiento en cada WOD (Butcher et al., 2015; Dexheimer et al., 2019)

Teniendo esto en cuenta, es cierto que entre las hipótesis y conclusiones de los estudios de distintos grupos de investigación se puede observar un mayor predominio de algunas variables, es decir, parece que hay una tendencia de pensamiento entre los autores a hablar más de unas variables frente a otras en las investigaciones de la esfera del CrossFit. De esta manera, de acuerdo con la *Tabla 2*, se presentan la VO₂máx y FDM como grandes mencionadas en la literatura, acompañadas generalmente de los umbrales ventilatorios y la potencia anaeróbica, y la FDM y potencia respectivamente. Por ello, a la hora de estudiar el rendimiento en CrossFit se pueden tomar dichas variables como punto de partida para establecer hipótesis. Para esto es necesario estudiar los WODs de referencia atendiendo a las características individuales de cada uno para así ayudar a establecer poco a poco un modelo de rendimiento ideal que sirva para guiar a deportistas e instructores en la planificación de sus entrenamientos (Meier et al., 2021)

2.1.7. Cindy

Ya se ha hecho mención de la enorme diferencia que puede haber entre WODs a la hora de determinar los indicadores clave de su rendimiento y poder optimizar su entrenamiento. Es cierto que hay algunos WODs, como el *Fran* o el *Grace*, que han sido más ampliamente estudiados a lo largo de las últimas décadas. Sin embargo, hay otros en los que la evidencia científica parece no ser suficiente como para extraer conclusiones o bien se puede encontrar evidencia contradictoria entre intervenciones de distintos grupos. Uno de estos casos es el del WOD *Cindy*, el cual es un circuito de tipo AMRAP de 20' en el cual los deportistas deben hacer 5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas. Una vez el atleta termine los ejercicios en el orden anterior se contabiliza 1 repetición; si se queda sin tiempo mientras realiza una repetición esta no se cuenta como válida. (Butcher et al., 2015; Dexheimer et al., 2019; Meier et al., 2021; Toledo et al., 2021; Kliszczewicz et al., 2014; Kliszczewicz et al., 2015)

Con la poca evidencia de la que se dispone, algunos autores han sostenido la hipótesis de que este WOD podría causar una demanda energética predominante en las vías oxidativas (Butcher et al., 2015). Esto en un principio concuerda con la clasificación de la ACSM para determinar la naturaleza de un ejercicio, pues en concepto de duración y frecuencia cardiaca el estímulo

alcanza valores similares a los de ejercicios tradicionalmente entendidos de resistencia y de HIITs realizados en tapiz rodante (Kluszczewicz et al., 2014; Kluszczewicz et al., 2015). Sin embargo, la cantidad de energía que se genera por unidad de tiempo (kcal/min) podría ser demasiado elevada en comparación con la carrera a pie (Kluszczewicz et al., 2014). De igual manera, algunos autores creen que uno de las claves para clasificar los circuitos de CrossFit de acuerdo a mayor o menor predominancia aeróbica podría ser su tiempo de duración, ya que al igualar el límite de tiempo del *Cindy* al de otros circuitos estos causaban efectos agudos similares en sus practicantes, de los cuales destacan efectos positivos en la frecuencia cardíaca, VO₂máx y RPE (Fernández-Fernández et al., 2015; Toledo et al., 2021).

Por el contrario, no hay que olvidar que repetidas veces a lo largo de este documento se ha hecho referencia al CrossFit como un ejercicio de intensidad elevada, y así definen algunos autores también al WOD *Cindy* (Maté-Muñoz et al., 2018). Esto en principio no liga muy bien con lo expuesto en el párrafo anterior, haciendo que surjan muchas más dudas al respecto; ¿Cómo puede ser que el CrossFit se entienda como un HIIT y entrenamiento de resistencia a la vez? ¿Cómo es posible que deportistas amateurs soporten un HIIT durante 20' de actividad continuos?, etc. Algunos autores explican esta incongruencia situando al WOD *Cindy* en una zona metabólica mixta, dependiendo tanto de factores cardiopulmonares como musculares (Maté-Muñoz et al., 2018; Yüksel et al., 2019), mientras otros autores reportan no hallar relación entre los niveles de fuerza general de los sujetos y su rendimiento en el circuito (Butcher et al., 2015), por lo que la fuerza parece ser un tanto polémica.

En conclusión, se podría decir que el rendimiento en CrossFit no puede medirse por indicadores tradicionales, sino que probablemente requiera de pruebas que analicen gestos más específicos de cada WOD (Butcher et al., 2015). Aunque no se sepa qué aspectos hay que mejorar para optimizar su rendimiento, si se sabe qué variables aumentan al entrenar este WOD durante varias semanas. Podría dar indicios el hecho de que normalmente en el CrossFit se obtienen ganancias mayores de fuerza que en otros deportes (Yüksel et al., 2019), aunque son necesarias más investigaciones para poder identificar las variables relevantes en su rendimiento y descifrar las claves para el proceso de entrenamiento. Por lo tanto, para esto es necesario centrar las investigaciones en aspectos más concretos del deporte; intervenciones más acotadas que estudien la influencia de diferentes variables dentro de un sólo WOD como el *Cindy*.

2.2. Problemática

Dada esta situación de incertidumbre a la que se exponen los preparadores físicos y atletas de CrossFit a la hora de competir y estructurar sus entrenamientos, se presenta la necesidad de estudiar cada *benchmark WOD* de manera independiente en lugar de analizar el CrossFit como si se tratara de una única competición homogénea, pues ya se ha visto que las pruebas que componen los CrossFit Open y CrossFit Games pueden llegar ser muy diferentes entre ellas. (Butcher et al., 2015; Dexheimer et al., 2019; Mangine et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2019; Maté-Muñoz et al., 2017; Meier et al., 2021; Peña et al., 2021; Serafini et al., 2018; Toledo et al., 2021; Zeits et al., 2020)

Siguiendo esta postura, ya se ha comentado que hay circuitos mucho más estudiados que otros, ya sea por antigüedad o fama. De cualquier manera, se encuentra el *Cindy* como uno de los más polémicos y menos estudiados dentro de los WODs de referencia que publica la compañía. Tanto es así, que aunque es cierto que se han realizado algunas investigaciones sobre este, no se ha llegado a un número suficiente como para extraer conocimientos que permitan desarrollar guías de entrenamiento. De hecho, en las pocas investigaciones que ha tenido el *Cindy* se ha podido observar que el foco del estudio generalmente ha estado sobre los efectos que causa su entrenamiento, y pocas veces sobre los factores que afectan a su rendimiento. Dentro de los estudios focalizados en su rendimiento, la mayoría de las variables estudiadas estaban relacionadas con la resistencia o bien no se llegó a establecer ninguna relación significativa con la otra gran capacidad del CrossFit, la fuerza.

Es entonces cuando se halla un vacío en la literatura científica relacionada con el rendimiento en el WOD *Cindy* y su relación con la fuerza. Surge así la hipótesis de que al igual que ocurre en otros WODs, las variables de FDM y FDMr podrían ser relevantes para el estudio de su rendimiento.

3. Objetivos

De este modo, el objetivo principal de este estudio es comprobar si las variables de FDM media y FDMr media, guardan relación con el rendimiento en el WOD en cuestión. De ser así, estas variables podrían ser útiles para predecir la posición en la que quedarían los participantes en una clasificación que siga el modelo de la compañía, es decir un ranking por vueltas totales al circuito.

Esto conlleva también al planteamiento de otros objetivos secundarios. De manera más específica, comprobar si la FDM o FDMr de alguno de los ejercicios aislados (dominada, sentadilla y press de banca) guarda relación significativa con las vueltas al circuito, así como el rol que juega el peso corporal en el rendimiento de esta prueba, por lo que habrá que comprobar también la relación que guarda la variable de PC con las vueltas al circuito.

Con ello se pretende seguir aportando información relevante para la comprensión de este deporte en auge, así como facilitar datos que contribuyan a futuras investigaciones y a la maduración de nuevo conocimiento.

4. Metodología

4.1. Diseño de la investigación

Primeramente, es preciso detallar el tipo de trabajo que se lleva a cabo en este fin de grado. Tal y como se detalla en la portada del documento este tiene un carácter de investigación, dentro del

cual se ha optado por realizar un pequeño estudio de caso, obteniendo esta denominación debido a que se investiga una serie de sucesos que ocurren en un grupo determinado de personas.

A su vez, también es importante hablar del tipo de planteamiento que se ha llevado a cabo para el desarrollo del trabajo. Este se podría describir como un razonamiento hipotético deductivo, ya que en esta investigación se parte de una premisa general extraída de la interpretación de un marco teórico previo. Tras esto, se plantea una hipótesis y se somete a un proceso por el cual se trata de comprobar si es cierta o no, tratando de explicar lo que le ocurre a la muestra poblacional.

Todo esto se lleva a cabo bajo un modelo experimental y síncrono, pues por un lado se trata de predecir lo que le ocurrirá a la muestra siguiendo un modelo de estudio cuantitativo, y por otro el marco temporal de la investigación no se extiende en el tiempo sino que únicamente se realizan una serie de mediciones durante un mes de duración.

4.2. Muestra poblacional

El planteamiento inicial de esta intervención se pretendía contactar con los gimnasios oficiales de Crossfit situados en Sevilla, más concretamente con el CrossFit Viapol y CrossFit La Macarena, que son los ubicados más cercanos a la zona centro de la ciudad y al laboratorio en el que se iba a realizar la investigación. Dada la gran oferta de boxes y atletas de CrossFit en Sevilla, se pretendía lograr una muestra poblacional de al menos 30 individuos. No obstante, tras contactar estos centros no se obtuvo ninguna respuesta formal, probablemente debido a la situación de pandemia causada por el virus COVID-19 durante el transcurso de la investigación. De esta manera, la captación de muestra poblacional pasó del planteamiento inicial de atletas entrenados con experiencia en CrossFit, a la búsqueda de una población más general no especialista en CrossFit, aunque igualmente activa y con experiencia en la práctica de ejercicio físico.

Así pues, se difundió un mensaje con los criterios de inclusión para poder formar parte de la investigación. Los primeros eran ser una persona activa, realizar ejercicio de manera habitual y poder desplazarse a la Facultad de Educación de la US (Viapol), lugar en el que se tomaron todos los datos. Mientras, en los criterios de exclusión se contemplaba ser menor de edad y presentar alguna contraindicación médica que imposibilite la realización de actividad física vigorosa, así como presentar alguna patología crónica conocida, lesión o enfermedad que pueda suponer algún riesgo para su salud.

Una vez finalizado el proceso de captación el estudio reunió una muestra total de 30 sujetos, los cuales quisieron participar en el estudio de manera voluntaria tras ser informados de los procedimientos a los que se les iba a someter. Del mismo modo, fueron notificados de los riesgos y complicaciones que puede desencadenar la práctica deportiva y firmaron un documento para eximir de cualquier responsabilidad a los investigadores. No obstante, de la muestra inicial de 30 personas muchas abandonaron el proceso debido a distintas razones. Algunos dejaron de mostrar

interés en el estudio sin llegar a asistir a las sesiones de familiarización, mientras que el resto lo hicieron debido a incapacidad física en el gesto de la dominada, ya que no pudieron completar el protocolo de calentamiento que exigía completar series de 3 repeticiones con el propio peso corporal. De esta manera, la muestra final fue compuesta por 8 sujetos varones activos, en edad universitaria, sin ninguna patología y un peso medio de 77'075 kg (\pm 16'62 kg)

4.3. Identificación de las variables

Después de haber expuesto la problemática y los objetivos de este trabajo se puede tratar las variables que se van a estudiar.

Por un lado, para poder cumplir con los objetivos hay ciertas variables que ya se han ido mencionando durante el apartado de *marco teórico* y que son indispensables para su cumplimiento. Estas son las vueltas al circuito, la FDM media y la FDMr media, las cuales son el resultado de la media aritmética de la fuerza dinámica máxima (FDM) y fuerza dinámica máxima relativa (FDMr) en cada gesto estudiado, es decir la dominada, el press de banca y la sentadilla.

Así pues, es necesario hablar también de otras variables, que aunque aparentemente no formen parte de la hipótesis y los objetivos de este estudio, sí influyen en mayor o menor medida en la investigación de las anteriores. Por esto, se incluye en el trabajo el peso corporal (PC), el cual es indispensable para calcular la FDMr de cada gesto. También se necesita tratar la velocidad media propulsiva (VMP) de desplazamiento de las cargas para poder estimar la FDM en cada uno de los tres gestos.

4.4. Instrumentos

En lo que respecta a la medición y el análisis de datos, todas se llevaron a cabo en las instalaciones deportivas y el laboratorio de la Universidad de Sevilla (Pabellón de Pirotecnia, Facultad de Ciencias de la Educación). Para ello se hizo uso de un encoder lineal Vitruve conectado a un teléfono móvil Xiaomi Redmi Note 8T, a través de la aplicación móvil del dispositivo. Para registrar y analizar los datos recogidos se utilizó un ordenador portátil HP Omen 15-en0002ns con el sistema operativo de Windows 10 Home v.20H2, en el cual se empleó el paquete de servicios de Microsoft Office 365 (Microsoft Excel y Microsoft Word), así como el software *SPSS Statics* de IBM.

Aparte de esto, se usó una amplia lista de materiales, entre los cuales se encuentran una máquina smith y un banco para los gestos de press de banca y sentadilla; un arnés corporal y una mochila para lastrar y sujetar el encoder al sujeto; discos de diferentes masas (2'5, 5, 10 kg).

4.5. Procedimientos

En un nivel general, la intervención consta de dos fases fundamentales, las cuales se reflejan en la *Tabla 3*. Las dos primeras semanas de la investigación se reservan para realizar las sesiones de familiarización de cada gesto técnico (dominada, press de banca y sentadilla) y del WOD. En estas sesiones se le explica a los participantes la metodología que se iba a llevar a cabo, los requisitos técnicos de cada ejercicio y, en el caso de los ejercicios de fuerza, aspectos concretos de la ejecución como la velocidad de contracción, fase excéntrica, configuración del material a la medida personal, etc.

Todos los participantes realizaron las sesiones de familiarización en el mismo orden, aunque sin coincidir en el mismo marco cronológico debido a las diferencias de disponibilidad que estos tenían. En este sentido, el único requisito fue no haber realizado actividad física intensa durante las 48h anteriores a la sesión de familiarización, por lo que estas sesiones tuvieron un carácter más heterogéneo de acuerdo a las condiciones de cada uno. Para llevar a cabo las dos semanas posteriores se realizó un proceso de distribución aleatoria por el cual se repartió a los participantes en 4 grupos de 2 personas (*Tabla 4*).

Tabla 3

Cronograma de los procedimientos llevados a cabo.

| Semana | Periodo | Descripción |
|--------|-----------------|---|
| 1 | Familiarización | 2 sesiones de familiarización de cada gesto técnico |
| 2 | | 2 sesiones de familiarización con el WOD <i>Cindy</i> |
| 3 | Evaluación | 2 tests seleccionados aleatoriamente |
| 4 | | 2 tests seleccionados aleatoriamente |

Tabla 4

Distribución de los grupos para la etapa de evaluación.

| Grupo | Actividad * |
|-------|-------------|
| 1 | ABCD |
| 2 | DBCA |
| 3 | CADB |
| 4 | BDAC |

*Nota. Cada letra simboliza un test; A hace referencia a las dominadas; B al press de banca; C a la sentadilla; D al Cindy.

Todo el proceso de intervención se llevó a cabo durante el mes de junio del año 2021, aunque también se empleó la primera semana de julio para evaluar a los participantes que quedaron rezagados durante el proceso.

4.5.1. Activación

El protocolo de activación estuvo formado de dos partes principalmente, una primera genérica y común a todas las intervenciones, y otra específica enfocada a cada prueba. La fase genérica siempre se llevó a cabo en el mismo orden, comenzando el protocolo con cinco minutos de movilidad articular y otros cinco de estiramientos dinámicos, para finalizar con otro periodo de igual duración de carrera a pie moderada de intensidad autorregulada.

En lo que respecta a la activación específica previa a los tests progresivos de cargas, esta consistió en 3 sets de 3 repeticiones con velocidad de ejecución progresiva, siendo el primero de los sets ejecutado a velocidad baja, el segundo a velocidad media y el tercero a la máxima velocidad de contracción voluntaria. Como peculiaridad hay que destacar que en el caso de las dominadas se realizaron los tres sets con el propio peso corporal, mientras que para las evaluaciones de press de banca y sentadilla se realizaron con una carga externa de 20 kg en la máquina smith.

Por último, el WOD *Cindy* no constaba de una fase de activación específica por lo que solo se realizó la genérica previo a su evaluación.

4.5.2. Tests progresivo de cargas

Siendo más específicos, la metodología empleada en los tres tests fue muy similar. Para poder establecer una recta de regresión individual para cada ejercicio se tomaron cuatro medidas; la primera con el propio peso corporal en el caso de las dominadas y 20kg en el caso de las otras dos; al 45%, 65% y 75% de la 1RM. Esto se pudo realizar gracias a las estimaciones extraídas durante las sesiones de familiarización para cada sujeto, de tal manera que el día de la evaluación

cada sujeto tenía que mover cargas diferentes de acuerdo a su fuerza máxima estimada. Es necesario mencionar que, al no disponer de una ecuación polinómica individual previa para cada sujeto, dichas estimaciones se realizaron haciendo uso de unas ecuaciones para la población general. Este es un método que actualmente se encuentra ampliamente validado y es empleado por distintos autores de la comunidad científica para estimar la FDM de un deportista. (Morán-Navarro et al., 2019; Picerno et al., 2016; Sánchez-Medina et al., 2017; Sánchez-Moreno et al., 2020)

Así pues, la intención fue que cada sujeto movilizara cargas cercanas a una VMP de 1'21 m/s, 1 m/s y 0'76 m/s en la sentadilla y 1'04 m/s, 0'7 m/s, 0'55 m/s en press de banca. En el caso de la dominada el planteamiento inicial era el mismo, sin embargo, durante las sesiones de familiarización se detectó que en la mayoría de sujetos su propio peso corporal ya les suponía un porcentaje de intensidad mayor al 50% de la 1RM ya que la mayoría de sujetos no eran capaces de levantar su propio peso corporal a más de 1m/s, de hecho, en las mismas fórmulas genéricas mencionadas anteriormente no se contemplan velocidades inferiores al 50% en este gesto. Bajo esta tesitura se optó por realizar las cuatro mediciones un 10% por encima del resto, es decir con el PC, 65%, 75%, 85%.

En cuanto a la ejecución de los test no existió variación alguna entre ejercicios ni entre sujetos. Todos realizaron entre 1 y 3 repeticiones a la máxima velocidad voluntaria de contracción, separando la fase excéntrica de la concéntrica por dos segundos de tiempo. El número de repeticiones dependió de la velocidad a la que se estuviera levantando la carga, de tal manera que en sentadilla y press de banca se realizaron 3 repeticiones con la barra y al 45%RM, 2 al 65%RM y 1 al 75%RM. De manera homóloga, para la dominada se ejecutaron 3 repeticiones con el peso corporal al 65%RM, 2 al 75%RM y 1 al 85%RM. En todas ellas se aseguró un tiempo de descanso de 3' entre cada intento.

Por último, la evaluación del WOD *Cindy* consistió en el recuento de las vueltas totales que realizaba cada sujeto, considerando una vuelta como la ejecución de 5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas en un periodo de tiempo máximo de 20' y en dicho orden. Sólo se contabilizó una vuelta cuando todas las repeticiones del circuito fueron ejecutadas, es decir que para sumar un dígito al cómputo de vueltas totales realizadas cada sujeto debía completar la quinceava sentadilla con éxito dentro del tiempo establecido. Los requisitos técnicos para considerar una dominada apta fueron lograr una extensión máxima de los codos durante la fase excéntrica y sobrepasar la barra del soporte con la barbilla al finalizar la fase concéntrica. En el caso de las sentadillas y las flexiones, se requería llegar al menos a 90° de flexión de rodilla y codo respectivamente para terminar con una extensión completa en ambos casos.

4.6. Análisis de datos

En lo que respecta al análisis de datos, este se realizó a través del software informático SPSS Statics v.28 de IBM. Para comprobar la distribución que siguen los datos recogidos se someten las distintas variables a una prueba de normalidad a través del método *Shapiro-Wilk*, dado que la

muestra recogida era inferior a 50 sujetos. Tras comprobar la distribución de los datos recogidos se obtiene que la variable de FDMr sigue una distribución normal ($p=0,4$), mientras que el resto no lo hacen ($p>0,05$). De acuerdo con estos valores, se rechaza la normalidad de las observaciones y se estudia la correlación que guardan las variables de una manera no paramétrica.

5. Resultados

En este estudio se presenta una muestra poblacional de 8 sujetos en edad universitaria, activos y con experiencia en la práctica deportiva, aunque no necesariamente específica de CrossFit. Dentro de esta, se estudiaron distintas variables discretas, entre las cuales se identifica el número de sujetos como medida nominal y las vueltas al circuito, FDM en dominadas, press banca y sentadilla; FDMr en dominadas, press de banca y sentadillas; la media de la FDM y FDMr de cada sujeto y el peso corporal como medidas escalares.

Tabla 5

Descriptivo de las variables referentes a la FDM.

| Estadístico | FDM sentadilla | FDM dominada | FDM press banca | FDM media |
|-------------|----------------|--------------|-----------------|-------------|
| Media | 95,3763 | 91,2775 | 77,74 | 88,1308867 |
| Desviación | 10,35781 | 13,47014 | 7,612 | 6,782997246 |
| Asimetría | -0,561 | 1,373 | -0,36 | 1,03 |
| Curtosis | -1,338 | 2,611 | -0,487 | 1,206 |

Tabla 6

Descriptivo de las variables referentes a la FDMr.

| Estadístico | FDMr sentadilla | FDMr dominada | FDMr press banca | FDMr media |
|-------------|-----------------|---------------|------------------|--------------|
| Media | 1,252602464 | 1,183431101 | 1,013343389 | 1,149792318 |
| Desviación | 0,2079168096 | 0,07746763783 | 0,08128454203 | 0,0748574677 |
| Asimetría | 1,176 | 0,256 | 1,038 | 1,608 |
| Curtosis | 1,437 | -1,977 | 1,864 | 2,18 |

Tabla 7

Correlaciones significativas de las variables.

| | FDM Press banca | FDMr Media | FDM Media |
|------------------|-----------------|------------|-----------|
| Peso Corporal | - | -0,905** | 0,810* |
| FDM Dominadas | - | - | 0,762* |
| FDMr Sentadilla | -0,905** | 0,714* | - |
| FDMr Press banca | - | - | -0,738* |

* *La correlación es significativa en el nivel $p < 0,05$ (bilateral)*

** *La correlación es significativa en el nivel $p < 0,01$ (bilateral)*

6. Discusión

En primera instancia es necesario mencionar dos aspectos de la muestra poblacional que tendrán relevancia durante parte de la discusión. El tipo de muestra y el escaso número de participantes, al tratarse de 8 personas no especialistas en la modalidad deportiva esto afecta de manera transversal a todos los resultados obtenidos; siendo una muestra tan heterogénea en cuanto a la práctica deportiva se requiere de más cautela a la hora de analizar los datos recogidos. Asimismo, de establecerse alguna relación significativa entre alguna de las variables estudiadas, quizás sería más adecuado pensar en sucesos azarosos antes que atribuirlo a un descubrimiento científico.

En lo referente a la sentadilla y el press de banca el protocolo fue totalmente idéntico, pues al tratarse de ejercicios en los que el propio peso corporal suponía un porcentaje de intensidad relativa muy bajo para los sujetos, hubo un mayor margen de kg para realizar la progresión de

cargas. De esta manera, se pudo realizar 4 medidas de la VMP con cargas correspondientes a 20 kg, al 45%, 65% y 75% de la 1RM. Para estimar la carga a la que este porcentaje correspondía en cada individuo se empleó la ecuación genérica de Badillo durante las sesiones de familiarización, seleccionando las cargas con VMP más cercana a 1'21, 1 y 0'76 m/s en la sentadilla y 1'04, 0'7, 0'55 m/s en el press de banca. En el caso de la dominada el planteamiento inicial era el mismo, sin embargo, durante las sesiones de familiarización se detectó que en la mayoría de sujetos su propio peso corporal ya les suponía un porcentaje de intensidad mayor al 50% de la 1RM de acuerdo a las mismas fórmulas genéricas mencionadas anteriormente, pues su VMP era mayor a 1 m/s en a mayoría de casos. Bajo esta tesitura se optó por realizar las mediciones un 10% más elevado, de tal manera que las 4 mediciones de la velocidad se realizaron con el PC, 65%, 75%, 85%, aunque debido a las diferencias de masa corporal entre sujetos e incluso entre el propio sujeto en diferentes días, las cargas en el día del test no se acercaron tanto a las velocidades preestablecidas como en los test de sentadilla y press de banca.

Entrando ya en materia, en lo que respecta al descriptivo estadístico, se han agrupado las variables en dos tablas para facilitar su discusión. Al centrar la atención en la *Tabla X* de variables relacionadas con la FDM absoluta, se recoge una media de 95'38 kg ($\pm 10'36$ kg), 91'28 kg ($\pm 13'47$ kg) y 77'74 kg ($\pm 7'61$ kg) en los ejercicios de sentadilla, dominada y press de banca respectivamente, mientras que al relativizar estos datos con el peso corporal de cada individuo se obtienen unos valores de 1'25 kg/PC ($\pm 0'21$ kg/PC), 1'18 kg/PC ($\pm 0'08$ kg/PC) y 1'01 kg/PC ($\pm 0'08$ kg/PC) respectivamente. Esto dice por un lado, en términos absolutos, que esta muestra activa tiene más fuerza en los gestos de sentadilla y dominada que en el press de banca, lo cual a priori también se ve reflejado en los valores de FDMr.

No obstante, al seguir analizando los datos y focalizar la atención en la desviación típica de la muestra, en lo que respecta a la FDM la dominada ($\pm 13'47$ kg) y la sentadilla ($\pm 10'36$ kg) estos marcan unos valores más elevados que el press de banca ($\pm 7'61$ kg), mientras que en términos relativos se identifica la dominada y el press de banca como los ejercicios con menor desviación ($\pm 0'08$ kg/PC) y la sentadilla el de mayor valor ($\pm 0'21$ kg/PC). Esto muestra que los valores medios tan elevados de sentadilla y dominada podrían deberse a una elevada heterogeneidad de la muestra, teniendo tanto sujetos con mucha como con poca fuerza en términos absolutos. Al analizar los valores relativos esto cambia por completo en el gesto de la dominada, entendiendo que esta diferencia se debe a la diferencia de peso corporal, el cual podría ser un factor limitante para este ejercicio. Por contraste, la sentadilla sigue siendo el ejercicio con mayor desviación típica, lo cual podría indicar que el peso corporal no juega un papel tan importante como lo hace en la dominada. El press de banca sigue teniendo una desviación típica relativamente baja si se compara con la sentadilla, aunque esta vez al ser mayor que la de la dominada podría inducir a pensar que la FDM en este gesto guarda una correlación más baja con el PC de la que lo hace con la dominada.

En cuanto a la FDM y FDMr medias estas tienen unos valores de 88'13 kg ($\pm 6'78$ kg) y 1'15 kg/PC ($\pm 0'07$) respectivamente. En principio tiene sentido que se obtengan desviaciones típicas elevadas dada la heterogeneidad de la muestra ya mencionada, pero también a la diferencia de

gesto técnico y masa muscular implicada en cada ejercicio, las cuales podrían hacer variar mucho los kg de los que son capaces de movilizar cada sujeto en cada gesto. Sin embargo, en este caso en concreto la media de la FDM no es muy elevada, y mucho menos aún la FDMr, por lo que una vez más se ve reflejado la importancia del PC en la fuerza de cada sujeto, algo que se discutirá más adelante cuando se analice la correlación de esta variable (PC) con el resto.

En lo referente a la asimetría y curtosis se aprecia que, en lo que respecta a la asimetría de la FDM, en sentadilla (-0'56) y press de banca (-0'36) estos valores son negativos, concentrando una mayor densidad de muestras en los datos más elevados. Esto contrasta con la FDM en dominadas (1'38), en el cual ocurre todo lo contrario. En el caso de los valores relativos esta es positiva en los tres casos, de 1'18, 1'04 y 0'26 respectivamente. Por último, en el caso de la curtosis ocurre algo similar a la asimetría, pues se dan valores negativos en la FDM en sentadilla (-1'34) y press de banca (-0'49), mientras en el gesto de la dominada esto se torna positivo (2'61). Una vez más, al dividirlo entre el PC individual cambia el signo de los datos, siendo positivos en los primeros ejercicios (1'44 y 1'86) y negativo en el último (-1'98). Estos datos se interpretan de tal manera que las distribuciones con asimetría negativa el grueso de los datos se encuentra desplazado hacia la derecha en el eje X (FDM en sentadilla y press de banca), mientras que las positivas lo hacen hacia el lado contrario (FDM en dominada, FDMr en sentadilla, press de banca, dominada). En el caso de la curtosis, aquellas variables que constan de valores cercanos a cero siguen una distribución mesocúrtica, las de magnitudes positivas tienen una mayor densidad de valores en el centro de la distribución (leptocúrticas; FDMr en press de banca, sentadilla y FDM en dominada) y las de magnitudes negativas tienen los valores separados en el eje X (platicúrtica; FDMr en dominada, FDM en sentadilla y press de banca).

Dejando a un lado el análisis descriptivo de las variables, en la *Tabla 7* se destacan aquellas variables que guardan algún tipo de correlación significativa. De manera general, durante la discusión del descriptivo de las variables se han podido intuir algunos aspectos sobre la relación del PC con la FDM y el rendimiento en el circuito. Sin embargo, es cierto que esta variable guarda alguna relación con la FDM en dominada y sentadilla aunque no llega a ser significativa ($p=102$, $p=120$). Sin embargo, el PC sí guarda relación significativa con la FDM media de los tres ejercicios ($p=0,015$)

Algo similar ocurre con la FDM en dominadas y la FDMr en press de banca, las cuales guardan relación significativa con la FDM media ($p=0,28$, $p=0,37$). La primera lo hace de manera positiva, de tal manera que a mayor fuerza máxima en dominadas mayor fuerza dinámica máxima de media o viceversa, algo que no parece repetirse en el resto de variables de FDM. En el caso de la segunda la correlación es inversa, haciendo que cuanto menor sea la FDMr en el press de banca menor sea la FDM media, y de igual manera al contrario. A priori, la bibliografía referenciada en el marco teórico, presente en la *Tabla 2*, en el apartado 2.1.6 no concuerda con estos resultados. En ella se aprecia como gran cantidad de autores hablan de variables de fuerza como posibles predictores de rendimiento en CrossFit, de entre las cuales la FDM/1RM parece ser la más mencionada (Barbieri et al., 2017; Butcher et al., 2015; Dexheimer et al., 2019; Martínez-Gómez et al., 2019; Meier et al., 2021; Serafini et al., 2018). En parte, estos resultados

podrían deberse a los aspectos limitantes del estudio, sobre todo los referentes a la muestra como su heterogeneidad y pequeño tamaño, que podrían hacer que los resultados de este trabajo sean menos concluyentes.

Con la FDMr media ocurre algo parecido a la FDM media, ya que sólo guarda relación significativa con esta la variable de FDMr en sentadilla ($p=0,47$). Esto se da al igual que con la FDM en dominadas, de manera positiva, de tal manera que cuanto mayor es la FDMr en sentadilla mayor es la FDM media y viceversa, lo cual tiene sentido debido a los propios cálculos realizados. En este punto destaca también la correlación negativa que se dió entre la FDMr media y el PC ($p=0,02$), la cual expresa que, cuanto mayor sea el peso corporal menor será la FDMr media. Esto, nuevamente tiene que ver con los cálculos efectuados para la obtención de esta variable, la cual se obtiene dividiendo la FDM entre el PC del sujeto.

Otro aspecto a destacar de la FDMr sentadilla es la correlación bilateral negativa tan elevada que guarda con la FDM en press de banca ($p=0,02$), lo cual expresa que a mayor FDM/peso en sentadilla menor es la FDM en press de banca y viceversa. Al igual que ocurrió con las variables de FDMr Press banca y FDM Media esto es algo que no concuerda con ninguna de las investigaciones consultadas, por lo que sería necesario una investigación más extensa.

Finalmente, se ha comprobado que las vueltas al circuito no guardan relación significativa con ninguna de las variables estudiadas, por lo que la hipótesis principal queda descartada. Se puede afirmar entonces que, para esta muestra poblacional concreta, la FDM y FDMr no juegan un papel fundamental en el rendimiento del WOD *Cindy*.

7. Conclusiones

De acuerdo con la bibliografía consultada y los resultados obtenidos, se ha comprobado que ninguna de las variables estudiadas guarda relación con el rendimiento en el WOD *Cindy*, es decir que las vueltas al circuito no se han correlacionado significativamente con la FDM o FDMr de cada ejercicio, la media de estas, o el PC de los sujetos.

En cuanto al PC se ha observado que guarda una correlación significativa bilateral positiva con la FDM media ($p<0,05$) y negativa con la FDMr media ($p<0,01$). Esto se traduce en que, dentro de la muestra estudiada, cuanto mayor es el peso corporal mayor es la FDM media y menor la FDMr. Es decir, a pesar de que la fuerza dinámica máxima vaya en aumento junto con el peso corporal en términos relativos se produce un descenso de la misma, lo cual podría ser un aspecto limitante o determinante en las distintas modalidades deportivas.

Todo ello bajo el marco del estudio de caso específico, el cual no puede asegurar que estas conclusiones sean extrapolables a otras poblaciones diana o a otras muestras poblacionales similares (universitaria activa).

8. Limitaciones de la investigación

Han sido varias las limitaciones presentadas a lo largo del desarrollo de la investigación. En primer lugar y más importante, entra en juego la aparición del COVID-19, el cual aparte de las incidencias en el ámbito sanitario causó un gran número de restricciones y alarma general que dificultó mucho la captación de sujetos para el estudio. Esto hizo que lo que inicialmente se iba a plantear como un estudio con población entrenada se transformase en una intervención para población activa general debido a la rotunda negativa por parte de los gimnasios de CrossFit de Sevilla.

En segundo lugar, se dio una gran traba administrativa por parte del sistema educativo, principalmente causada por la finalización del contrato del primer tutor durante el segundo semestre del curso académico 2020/2021. Esto creó cierto clima de incertidumbre que afectó negativamente al desarrollo del trabajo. Unido a esto, surge una limitación en cuanto a medios y materiales, dado que el tutor no estuvo presente durante ninguna de las sesiones de evaluación. Así pues, hubo que realizarlas con material personal del alumno en lugar de usar el dispuesto en el laboratorio, principalmente por el temor a que se diera cualquier error sin tutorización y que la responsabilidad recayera sobre el alumno.

Asimismo, es posible que los datos recogidos no sean del todo fiables a la realidad. De cara a la estimación de la 1RM individual, hubo 3 mediciones que no se ajustaban a regresiones polinómicas, por lo que se tuvo que optar por una estimación lineal. Además, al unificar todos los datos de intensidad relativa (%) y velocidad (VMP) en tres gráficas (de acuerdo al gesto estudiado en cuestión), el valor de R al cuadrado de las líneas de regresión fue muy bajo. Se cree que estas limitaciones podrían solucionarse con mayores periodos de familiarización para los participantes, que les permitan expresar la máxima fuerza posible ante cada carga, así como el empleo de mejores dispositivos de medición.

Por último, se considera la propia duración de un curso académico como factor limitante para el proyecto, sobre todo en lo que respecta al proceso de recopilación de información y construcción de un marco teórico sólido, ya que tal y como aseguraron los autores anteriormente el CrossFit es una disciplina en auge que requiere de un mayor número de estudios. (Claudino et al., 2018; Mangine et al., 2021).

9. Líneas futuras de investigación

Tal y como aseguran los autores, es necesario un mayor número de investigaciones en el ámbito del CrossFit que permitan localizar los factores determinantes y limitantes en su rendimiento para poder establecer modelos de entrenamiento, tanto para sus deportistas como preparadores físicos. (Claudino et al., 2018; Mangine et al., 2021).

De acuerdo con los resultados de esta investigación quedan algunas preguntas pendientes acerca de la relación que guarda el PC con la FDM y FDMr, y la forma en la que estas correlaciones afectan al rendimiento deportivo de cada modalidad. En lo referente al WOD Cindi y probablemente al CrossFit en general, esto es algo en lo que todavía hacen falta un mayor número de investigaciones.

Por último, es necesario realizar investigaciones similares con muestras poblacionales más amplias y específicas de la modalidad deportiva, de tal manera que se pueda comprobar si los resultados obtenidos en este trabajo son extrapolables a la población sana general y a la practicante de CrossFit.

10. Bibliografía

American Fitness (2010). *2010 CrossFit Games*, 28(3), 8.

Van Melsen A. G. (1953). *The Philosophy of Nature*. Duquesne University, PA.

Bailey, B., Benson, A. J., & Bruner, M. W. (2019). Investigating the organisational culture of CrossFit. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17(3), 197-211.

Behm D. G., Chaouachi A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol*. 2011 Nov;111(11):2633-51. doi: 10.1007/s00421-011-1879-2. Epub 2011 Mar 4. PMID: 21373870.

Bellar, D., Hatchett, A., Judge, L. W., Breaux, M. E., & Marcus, L. (2015). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. *Biology of sport*, 32(4), 315.

Bishop, R. (2017). Still pumping: How the fitness industry has changed, stayed the same. *Athletic Business*, 41(3), 35–36.

Burkett, B. (2010). *Applied sports mechanics* (3rd ed.). Human kinetics.

Butcher, S. J., Neyedly, T. J., Horvey, K. J., & Benko, C. R. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit(®) benchmark performance?. *Open access journal of sports medicine*, 6, 241–247. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S88265>

Butler, R. J. (2020). *Sports psychology in action*. CRC Press.

Claudino, J.G., Gabbett, T.J., Bourgeois, F. *et al.* CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med - Open* 4, 11 (2018). <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0124-5>

Crawford, D. A., Drake, N. B., Carper, M. J., DeBlauw, J., & Heinrich, K. M. (2018). Are Changes in Physical Work Capacity Induced by High-Intensity Functional Training Related to Changes in Associated Physiologic Measures?. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(2), 26. <https://doi.org/10.3390/sports6020026>

Crossfit, Inc. v. Antonio Rey González, Caso No. DES2017-0020 / (Centro de Arbitraje y Mediación de la OMPI 2017)

Dawson, M. C. (2015). CrossFit: Fitness cult or reinventive institution?. *International review for the sociology of sport*, 52(3), 361-379.

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>

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>

EUIPO. (s.f.). *The EUIPO's database: CROSSFIT*. Recuperado el 18 de febrero de 2021 de <https://euipo.europa.eu/eSearch/#details/trademarks/005049192>

Fernández-Fernández, J., Sabido-Solana, R., Moya, D., Sarabia, J. M., & Moya, M. (2015). Acute Physiological Responses during Crossfit® Workouts. *Motricidad: European Journal of Human Movement*, 35, 114–124.

García-Ramos, A., Torrejón, A., Feriche, B., Morales-Artacho, A. J., Pérez-Castilla, A., Padial, P., & Haff, G. G. (2018). Prediction of the Maximum Number of Repetitions and

Glassman, G. (2004). What is CrossFit?. *The CrossFit Journal*, 56, 1-7.

Glassman, G. (2002). What is Fitness? *CrossFit Journal*, 3, 1–11

Glassman, G. (2007). Understanding CrossFit. *CrossFit Journal*, 56, 2–3. Retrieved from http://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_56-07_Understanding.pdf

Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed. Recuperado en Agosto del 2021 de <https://dle.rae.es>

Repetitions in Reserve From Barbell Velocity. *International journal of sports physiology and performance*, 13(3), 353–359. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0302>

Gipson, C., Bennett, H., Malcom, N., & Trahan, A. (2021). Social Innovation and Fitness Sports: A Case of the CrossFit Movement in North America. *Social Innovation in Sport*, 189-205.

Grier, T., Canham-Chervak, M., McNulty, V., & Jones, B. H. (2013). Extreme conditioning programs and injury risk in a US Army Brigade Combat Team. *U.S. Army Medical Department journal*, 36–47.

Glassman, G. (2017). Greg glassman: The world's most vexing problem. *The CrossFit Journal*. Rescatado el 7 de Febrero de 2019 de <https://journal.crossfit.com/article/cfj-greg-glassman-the-world-s-most-vexing-problem>.

González-Badillo, J. J., Yañez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International journal of sports medicine*, 38(3), 217–225. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120324>

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>

Gómez Piriz, P. T. (2011). *El entrenamiento deportivo en el siglo XXI*. Formación Alcalá.

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>

Hardy, L., Jones, G., & Gould, D. (2018). *Understanding psychological preparation for sport: Theory and practice of elite performers*. John Wiley & Sons.

Hech Dominski, F., de Orleans Casagrande, P., & Andrade, A. (2019). The CrossFit® phenomenon: analysis of the number of box in Brazil and the world and the training and competition model. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia Do Exercício*, 13(82), 271–281.

Heinrich, K. M., Carlisle, T., Kehler, A., & Cosgrove, S. J. (2017). Mapping coaches' views of participation in CrossFit to the integrated theory of health behavior change and sense of community. *Family & Community Health*, 40(1), 24–27. <https://doi.org/10.1097/FCH.0000000000000133>

Herz, J. C. (2014). *Learning to breath fire: The rise of CrossFit and the primal future of fitness*. New York, NY: Crown Archetype.

Hornsby, W. G., Gentles, J. A., Haff, G. G., Stone, M. H., Buckner, S. L., Dankel, S. J., ... & Loenneke, J. P. (2018). What is the impact of muscle hypertrophy on strength and sport performance?. *Strength & Conditioning Journal*, 40(6), 99-111.

Kliszczewicz B, Snarr RL, Esco MR. Metabolic and Cardiovascular Response to the CrossFit Workout “Cindy”. *J Sport and Human Perf*. 2014; 2(2): 1–9. [[Google Scholar](#)]

Kliszczewicz B, Quindry J, Blessing D, Oliver G, Esco M, Taylor K. Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit vs. Treadmill Bout. *J Hum Kinet*. 2015; 47(1): 81–90. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Level 1 Training Guide. (2018). CrossFit training. Retrieved on 3 January 2018 from http://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_English_Level1_TrainingGuide.pdf.

Mangine, G. T., Tankersley, J. E., McDougale, J. M., Velazquez, N., Roberts, M. D., Esmat, T. A., VanDusseldorp, T. A., & Feito, Y. (2020). Predictors of CrossFit Open Performance. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(7), 102. <https://doi.org/10.3390/sports8070102>

Mangine, G. T., Feito, Y., Tankersley, J. E., McDougale, J. M., & Kliszczewicz, B. M. (2021). Workout Pacing Predictors of Crossfit® Open Performance: A Pilot Study. *Journal of human kinetics*, 78, 89–100. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0043>

Marinich E. E., Shipilov R. M., Kulagin A. V., Vedjaskin Yu. A. (2011). The history of the development training «CrossFit»
<http://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/12-4-54.pdf#page=54>

Martínez-Gómez, R., Valenzuela, P. L., Alejo, L. B., Gil-Cabrera, J., Montalvo-Pérez, A., Talavera, E., Lucia, A., Moral-González, S., & Barranco-Gil, D. (2020). Physiological Predictors of Competition Performance in CrossFit Athletes. *International journal of environmental research and public health*, 17(10), 3699. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103699>

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., Cañuelo-Márquez, A. M., Guodemar-Pérez, J., García-Fernández, P., Lozano-Estevan, M., Alonso-Melero, R., Sánchez-Calabuig, M. A., Ruíz-López, M., de Jesús, F., & Garnacho-Castaño, M. V. (2018). Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. *Journal of sports science & medicine*, 17(4), 668–679.

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>

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>

Meyer, J., Morrison, J., & Zuniga, J. (2017). The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. *Workplace health & safety*, 65(12), 612–618. <https://doi.org/10.1177/2165079916685568>

Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., Sánchez-Medina, L., Mora-Rodríguez, R., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Movement Velocity as a Measure of Level of

Effort During Resistance Exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 33(6), 1496–1504. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002017>

Neiva H. P., Marques M. C., Barbosa T. M., Izquierdo M., Marinho D. A. (2013). *Warn-up and performance in competitive swimming*. *Sports Med* (2014) 44:319–330.

Newton, I. (2011). *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*. Tercer Milenio, Clásicos del pensamiento.

Padilla Sanchez, J. M. (2018). *Condiciones estructurales y funcionales de las franquicias internacionales de restauración: caso Mcdonald's y Burger King en la ciudad de Barranquilla* (Doctoral dissertation).

Parris S. E. (2009). *El Calentamiento*. El Cid Editor. Recuperado de <https://elibro--net.us.debiblio.com/es/ereader/bibliotecaus>.

Peachment, B. T. (2021). Friends and foes: Exploring how community and competition coexist within the CrossFit Games Open.

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>

Picerno, P., Iannetta, D., Comotto, S., Donati, M., Pecoraro, F., Zok, M., Tollis, G., Figura, M., Varalda, C., Di Muzio, D., Patrizio, F., Piacentini, M. F. (2016). *IRM prediction: a novel methodology based on the force–velocity and load–velocity relationships*. *Eur J Appl Physiol* 116, 2035–2043. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3457-0>

Romney N. C, Nethery V. M. (1993). *The effects of swimming and dryland warm-ups on 100-yard freestyle performance in collegiate swimmers*. *J Swim Res*. 1993;9:5–9.

Salvatierra Cayetano, G. (2015). Estudio del nuevo fenómeno deportivo Crossfit.

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>

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>

Sánchez-Moreno, M., Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Movement Velocity as Indicator of Relative Intensity and Level of Effort Attained During the Set in Pull-Up Exercise. *International journal of sports physiology and performance*, 12(10), 1378–1384. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0791>

Schlegel P. (2020). CrossFit® Training Strategies from the Perspective of Concurrent Training: A Systematic Review. *Journal of sports science & medicine*, 19(4), 670–680.

Shellock F. G., Prentice W. E. (1985). *Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries*. *Sports Med.* 1985;2(4):267–78.

Siff, M. C. (2002). Functional training revisited. *Strength and Conditioning Journal*, 24(5), 42-49.

Sprey, J. W., Ferreira, T., de Lima, M. V., Duarte, A., Jr, Jorge, P. B., & Santili, C. (2016). An Epidemiological Profile of CrossFit Athletes in Brazil. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 4(8), 2325967116663706. <https://doi.org/10.1177/2325967116663706>

Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M., & Sanders, R. (2002). How much strength is necessary?. *Physical Therapy in Sport*, 3(2), 88-96.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>

Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>

Summitt, R. J., Cotton, R. A., Kays, A. C., & Slaven, E. J. (2016). Shoulder Injuries in Individuals Who Participate in CrossFit Training. *Sports health*, 8(6), 541–546. <https://doi.org/10.1177/1941738116666073>

Tanaka H. (1994). Effects of cross-training. Transfer of training effects on VO₂max between cycling, running and swimming. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 18(5), 330–339. <https://doi.org/10.2165/00007256-199418050-00005>

Toledo, R., Dias, M. R., Toledo, R., Erotides, R., Pinto, D. S., Reis, V. M., ... & Heinrich, K. M. (2021). Comparison of Physiological Responses and Training Load between Different CrossFit® Workouts with Equalized Volume in Men and Women. *Life*, 11(6), 586.

Klimek, C., Ashbeck, C., Brook, A. J., & Durall, C. (2018). Are Injuries More Common With CrossFit Training Than Other Forms of Exercise?. *Journal of sport rehabilitation*, 27(3), 295–299. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0040>

Weisenthal, B. M., Beck, C. A., Maloney, M. D., DeHaven, K. E., & Giordano, B. D. (2014). Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 2(4), 2325967114531177. <https://doi.org/10.1177/2325967114531177>

Woolf, J., & Lawrence, H. (2017). Social identity and athlete identity among CrossFit members: an exploratory study on the CrossFit Open. *Managing Sport and Leisure*, 22(3), 166-180.

Yüksel, O., Gündüz, B., & Kayhan, M. (2019). Effect of Crossfit Training on Jump and Strength. *Journal of Education and Training Studies*, 7(1), 121-124.

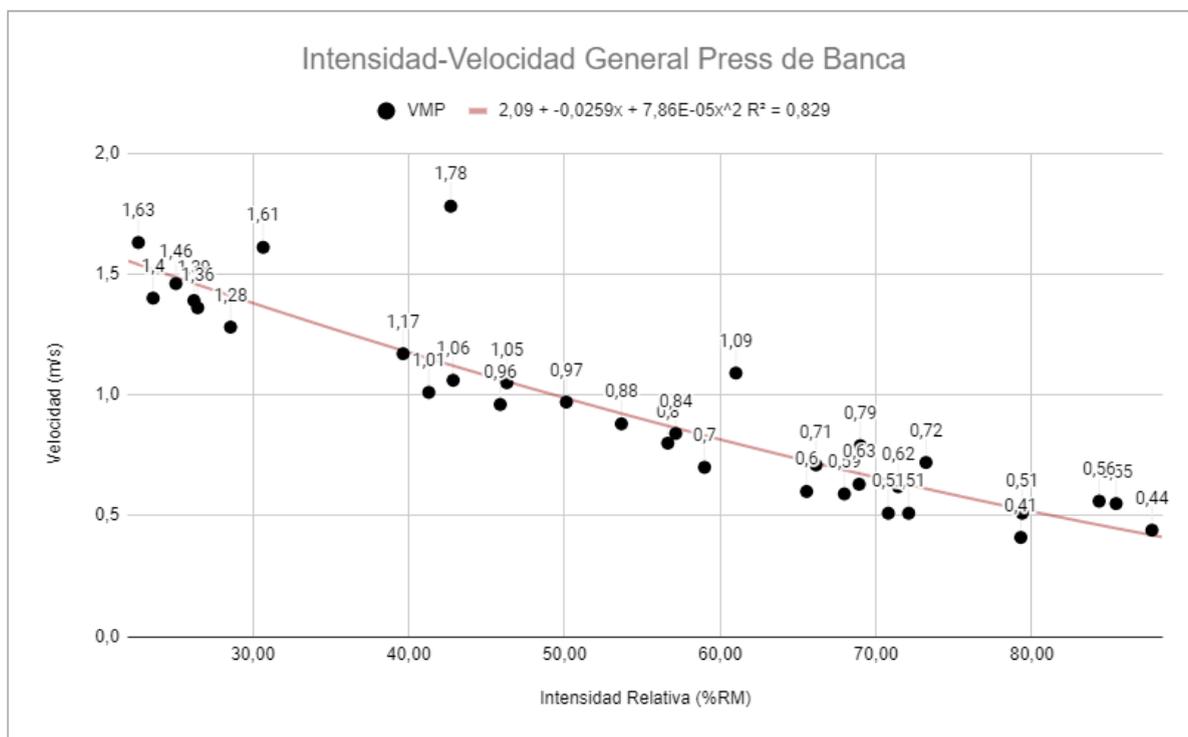
Zeitz, E. K., Cook, L. F., Dexheimer, J. D., Lemez, S., Leyva, W. D., Terbio, I. Y., Tran, J. R., & Jo, E. (2020). The Relationship between CrossFit® Performance and Laboratory-Based Measurements of Fitness. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(8), 112. <https://doi.org/10.3390/sports8080112>

11. Anexos

11.1. Estimación de la 1RM a través de una recta de regresión individual.

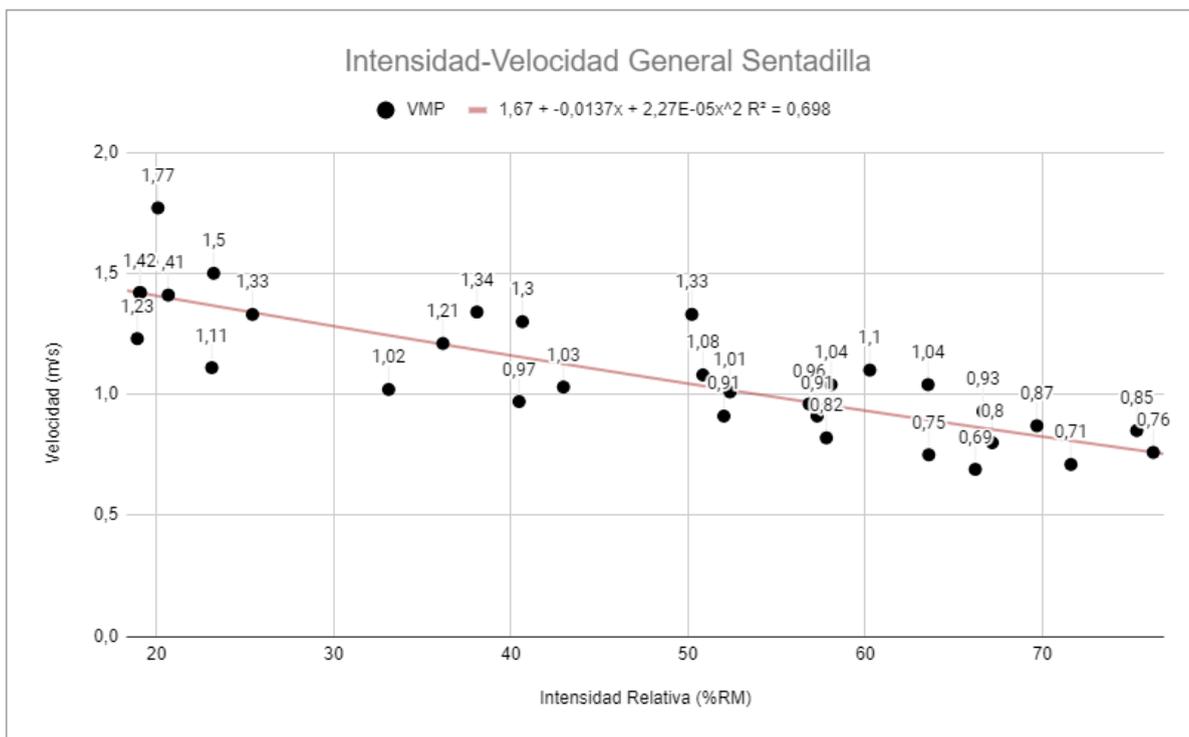
Anexo 1

Gráfica Intensidad relativa (%RM) - Velocidad de ejecución (m/s) en press de banca.



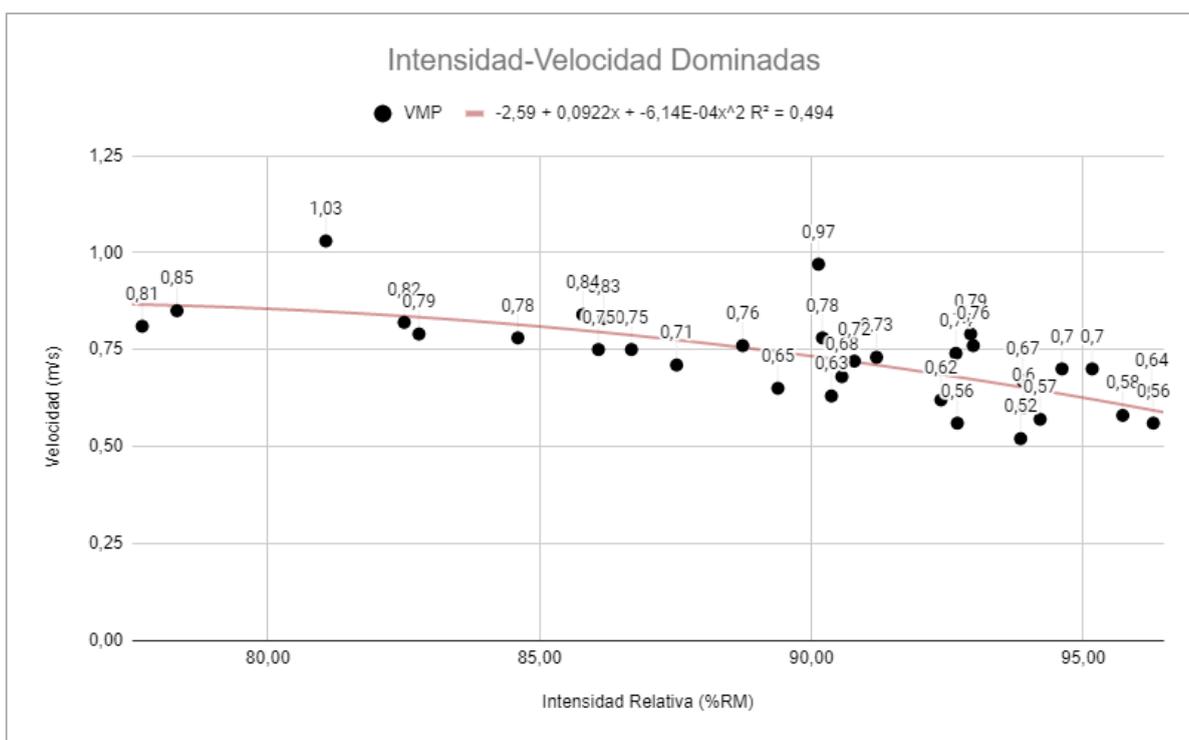
Anexo 2

Gráfica Intensidad relativa (%RM) - Velocidad de ejecución (m/s) en sentadilla.



Anexo 3

Gráfica Intensidad relativa (%RM) - Velocidad de ejecución (m/s) en dominadas.



11.2. Consentimiento informado

FORMULARIO CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Este formulario de consentimiento puede tener palabras que Usted no entienda; por favor debe solicitar al investigador o persona responsable del estudio que le clarifique cualquier palabra o duda que se le presente. Usted tiene derecho a una copia de este formulario de consentimiento para pensar sobre su participación en este estudio o para discutirlo con familiares, amigos antes de tomar una decisión.

Usted ha sido invitado a participar en un estudio de investigación. Antes de que usted o su hijo acuerden participar en el estudio lea cuidadosamente la hoja de información anexa y haga todas las preguntas que considere necesarias para asegurar el entendimiento de los procedimientos del estudio, sus riesgos y beneficios; de tal forma que pueda decidir voluntariamente si desea participar o no en él.

Si luego de leer este documento tiene alguna duda, pida a los investigadores responsables o al personal del estudio que le explique, sintiendo absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayuda a aclarar sus dudas. Ellos/as le deberán proporcionar toda la información que necesite para entender el estudio.

Una vez que haya comprendido el estudio y si desea participar, firme este documento, del cual recibirá una copia firmada y fechada.

A continuación, encontrará información más específica del estudio:

| | | |
|--|---|--|
| Título del Estudio | : | “¿EXISTE RELACIÓN ENTRE LA FUERZA Y EL RENDIMIENTO EN EL WOD CINDY DE CROSSFIT?” |
| Investigador Responsable | : | Adrián Fleitas Morales |
| Lugar | : | Laboratorio de Pirotecnia, Universidad de Sevilla |
| Nº de teléfonos asociados al estudio | : | 600991372 |
| Correo electrónico Investigador Responsable | : | adrifleitasmorales@gmail.com |
| Tutor responsable del trabajo | : | Dr Alejandro Muñoz López |
| Nº de teléfono asociado al estudio | : | 699661447 |
| Correo electrónico tutor responsable | : | Amunoz26@us.es |

Al firmar este consentimiento, afirma que cumple los siguientes requisitos:

1. Ser una persona activa y realizar ejercicio de manera habitual.
2. Ser mayor de edad
3. No presentar alguna contraindicación médica que imposibilite la realización de actividad física vigorosa, así como presentar alguna patología crónica conocida, lesión o enfermedad que pueda suponer algún riesgo para su salud.
4. Tener disponibilidad para desplazarse a la Facultad de Educación de la US (Viapol)

Los datos del presente estudio serán confidenciales, teniendo acceso a ellos únicamente el investigador principal y su tutor responsable del trabajo, por lo que su identidad será protegida en todo momento.

Los resultados obtenidos en las intervenciones se basarán en características generales (género, deporte que practica, protocolo de la intervención, etc.) y variables de rendimiento relevantes para el estudio (estimación de la 1RM, perfil

de fuerza-velocidad, número de vueltas al Cindy, etc.) y nunca versarán sobre características personales que se alejen del objetivo del estudio.

Los datos e información extraída podrían ser compartidos con terceros en un entorno profesional, como puede ser publicaciones en revistas científicas o exposiciones en congresos, en los cuales también se cumplirían los aspectos anteriormente mencionados.

Su participación en este estudio es totalmente voluntaria. Usted puede decidir participar o no en este proyecto, su decisión de participar o no en este proyecto no afectará la atención que puede seguir recibiendo (o su relación actual o futura con la Universidad de Sevilla o algún miembro del equipo investigador).

Usted podrá retirarse de la investigación en cualquier momento, sin sanción o pérdida de beneficios a los que tendría derecho. Retirarse no tiene ninguna consecuencia para Usted.

Al firmar el siguiente consentimiento, usted asiente:

- He leído, comprendido y discutido la información anterior con el investigador responsable del estudio y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria.
- Mi participación en este estudio es voluntaria, podré renunciar a participar en cualquier momento, sin causa y sin responsabilidad alguna.
- Si durante el transcurso de la investigación surge información relevante para continuar participando en el estudio, el investigador deberá notificar de ello.
- He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos y/o educativos.

Acepto participar en este estudio de investigación titulado “¿EXISTE RELACIÓN ENTRE LA FUERZA Y EL RENDIMIENTO EN EL WOD CINDY DE CROSSFIT?”

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Firma del participante o del padre o tutor

Fecha

Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):

He explicado al Sr(a). _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apegó a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Firma del investigador

Fecha

CARTA DE REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

“¿EXISTE RELACIÓN ENTRE LA FUERZA Y EL RENDIMIENTO EN EL WOD CINDY DE CROSSFIT?”

Investigador Principal: Adrián Fleitas Morales

Tutor responsable: Dr Alejandro Muñoz López

Sede donde se realizará el estudio: Laboratorio de Pirotecnia, Universidad de Sevilla

Nombre del participante: _____

Por este conducto deseo informar mi decisión de retirarme de este protocolo de investigación por las siguientes razones: (Este apartado es opcional y puede dejarse en blanco si así lo desea)

Si así lo desea, podrá solicitar que le sea entregada toda la información que se haya recabado sobre él, con motivo de su participación en el presente estudio.

Firma del participante o del padre o tutor

Fecha

11.3. Hoja de información.

HOJA DE INFORMACIÓN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

| | | |
|--|---|--|
| Título del Estudio | : | “¿EXISTE RELACIÓN ENTRE LA FUERZA Y EL RENDIMIENTO EN EL WOD CINDY DE CROSSFIT?” |
| Investigador Responsable | : | Adrián Fleitas Morales |
| Lugar | : | Laboratorio de Pirotecnia, Universidad de Sevilla |
| Nº de teléfonos asociados al estudio | : | 600991372 |
| Correo electrónico Investigador Responsable | : | adrifleitasmorales@gmail.com |
| Tutor responsable del trabajo | : | Dr. Alejandro Muñoz López |
| Nº de teléfono asociado al estudio | : | 699661447 |
| Correo electrónico tutor responsable | : | Amunoz26@us.es |

El propósito de este documento es ayudarle a tomar una decisión informada para decidir participar o no en el estudio denominado “¿EXISTE RELACIÓN ENTRE LA FUERZA Y EL RENDIMIENTO EN EL WOD CINDY DE CROSSFIT?”

I. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Con el presente documento, a usted se le está invitando a participar en un estudio de investigación de la Universidad de Sevilla, a través del cual se pretende extraer información relevante para las ciencias de la actividad física y del deporte. Gracias a su ayuda se podrá contribuir a la comprensión del CrossFit como disciplina en auge y a su estudio desde un punto de vista científico.

II. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio es comprobar si existe alguna relación entre la fuerza y el rendimiento en el WOD CINDY de CrossFit (5 dominadas, 10 flexiones y 15 sentadillas con salto). Para comprobarlo se evaluará su rendimiento en el WOD contando el número de vueltas que es capaz de dar al circuito durante 20', así como su rendimiento en dominadas, press de banca y sentadillas, extrayendo variables relevantes como la estimación de su 1RM.

III.- PARTICIPANTES DEL ESTUDIO:

Participarán personas que cumplan los siguientes requisitos:

1. Ser una persona activa y realizar ejercicio de manera habitual.
2. Ser mayor de edad
3. No presentar alguna contraindicación médica que imposibilite la realización de actividad física vigorosa, así como presentar alguna patología crónica conocida, lesión o enfermedad que pueda suponer algún riesgo para su salud.
4. Tener disponibilidad para desplazarse a la Facultad de Educación de la US (Viapol)

IV.- PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO:

Familiarización

Se llevarán a cabo 2 sesiones de familiarización con el WOD cindy y otras 2 para cada ejercicio de fuerza (dominadas, flexiones o press de banca y sentadillas), 8 en total. Esto se llevará a cabo en un periodo máximo de dos semanas.

Tests y evaluaciones

Una vez completadas las sesiones de familiarización se llevará a cabo la evaluación del WOD Cindy y 3 tests de cargas progresivos (uno para cada ejercicio: dominadas, press de banca y sentadilla) a lo largo de un periodo de 2 semanas, pues el sujeto deberá contar con 48h de descanso previas a cada intervención (sin realizar actividad física intensa o moderada)

V. BENEFICIOS DEL ESTUDIO

Este estudio producirá conocimiento científico sobre cómo afecta los niveles de fuerza máxima de las dominadas, sentadillas y el press de banca al rendimiento en el WOD CINDY. De igual manera, con esta misma toma de datos se podría extraer información relevante como la relación carga-velocidad, intensidad-velocidad y curva de fuerza velocidad individual.

VI. RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO

Siempre y cuando se siga las instrucciones de los investigadores, este estudio no debería suponer ningún riesgo para su salud. No obstante, debe de tener en cuenta que la práctica deportiva perse puede desencadenar complicaciones para su salud, entre las cuales se podrían encontrar:

- Problemas cardíacos como infarto de miocardio, arritmia, insuficiencia cardiaca u otro tipo de lesiones vasculares como disecciones o hemorragias
- Lesiones musculares, óseas o articulares
- Deshidratación, agotamiento extremo o golpes de calor

VII.- TIEMPO:

Este estudio se llevará a cabo en 2 sesiones/semana, separadas por un mínimo de 48 horas, durante 3-4 semanas. Cada sesión tendrá una duración total de 45' aproximadamente.

VIII- COSTOS

No tendrá costos de ningún tipo para usted.

IX.- CONFIDENCIALIDAD Y ALMACENAMIENTO INFORMACIÓN

Los datos del presente estudio serán confidenciales, teniendo acceso a ellos únicamente el investigador principal y su tutor responsable del trabajo, por lo que su identidad será protegida en todo momento.

Los resultados obtenidos en las intervenciones se basarán en características generales (género, deporte que practica, protocolo de la intervención, etc.) y variables de rendimiento relevantes para el estudio (estimación de la 1RM, perfil de fuerza-velocidad, número de vueltas al Cindy, etc.) y nunca versarán sobre características personales que se alejen del objetivo del estudio.

Los datos e información extraída podrían ser compartidos con terceros en un entorno profesional, como puede ser publicaciones en revistas científicas o exposiciones en congresos, en los cuales también se cumplirían los aspectos anteriormente mencionados.

X.- VOLUNTARIEDAD

Su participación en este estudio es totalmente voluntaria. Usted puede decidir participar o no en este proyecto, su decisión de participar o no en este proyecto no afectará la atención que puede seguir recibiendo (o su relación actual o futura con la Universidad de Sevilla o algún miembro del equipo investigador).

Usted podrá retirarse de la investigación en cualquier momento, sin sanción o pérdida de beneficios a los que tendría derecho. Retirarse no tiene ninguna consecuencia para Usted.

XI.- PREGUNTAS/INFORMACIÓN:

Usted podrá solicitar información relacionada con el proyecto de investigación en el momento que lo estime al Investigador Principal, el alumno Adrián Fleitas Morales, Teléfono: 600991372, correo electrónico: adrfleitasmorales@gmail.com; así como a su tutor responsable del proyecto, el Dr. Alejandro Muñoz López, Teléfono: 699661447, correo electrónico amunoz26@us.es.

Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado que forma parte de este documento.

Cuando ocurran cambios en las condiciones o en los procedimientos de un estudio y también en estudios de largo plazo, el investigador responsable deberá Renovar el Consentimiento.