



Relación de la fuerza muscular y el rendimiento en ejercicios de halterofilia y gimnásticos en practicantes amateur de *CrossFit*[®]

Relationship between muscular strength and performance in weightlifting and gymnastic exercises in amateur *CrossFit*[®] practitioners

Eladio Domínguez Antuña^{1*}, David Suárez-Iglesias² y José A. Rodríguez-Marroyo³

¹Dark Lion Sport Management, <https://orcid.org/0000-0002-5160-6470>; ²Grupo de investigación VALFIS, Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Instituto de Biomedicina (IBIOMED), Universidad de León, España, <https://orcid.org/0000-0003-2534-3790>; ³Grupo de investigación VALFIS, Departamento de Educación Física y Deportiva, Instituto de Biomedicina (IBIOMED), Universidad de León, España, <https://orcid.org/0000-0002-9157-1532>

*Autor para correspondencia: eladio@darklionsport.com

RESUMEN

El estudio se enfocó en replicar y ampliar la investigación realizada por Tibana et al. (2016). Se analizó la relación entre la fuerza en los ejercicios de *Back Squat*, *Front Squat* y *Pull Up*, y su influencia en el rendimiento de actividades específicas como *Snatch*, *Clean & Jerk* y *Kipping Pull Up*. En el estudio participaron 22 sujetos, los cuales fueron divididos en dos grupos en función de su rendimiento en el ejercicio de *Snatch* y *Clean & Jerk*: grupo de alta fuerza (edad, $33,36 \pm 6,31$ años; masa corporal, $84,50 \pm 10,36$ kg; y estatura, $1,77 \pm 0,03$ cm) y grupo de baja fuerza (edad, $35,35 \pm 10,29$ años; masa corporal, $70,97 \pm 16,81$ kg; y estatura, $1,73 \pm 0,13$ cm). Todos los sujetos realizaron un test de 1 repetición máxima (1RM) de *Back Squat*, *Front Squat*, *Pull Up*, *Snatch* y *Clean & Jerk* y el test de máximas repeticiones de *Kipping Pull Up*. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los grupos en la masa corporal, índice de masa corporal, tiempo de práctica y horas de entrenamiento. Además, se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en las repeticiones máximas de todos los ejercicios realizados, a excepción del *Kipping Pull Up* ($p > 0,05$). Se encontraron correlaciones ($p \leq 0,01$) entre la mayoría de los valores alcanzados en los diferentes ejercicios. Sin embargo, el ejercicio de *Kipping Pull Up* únicamente se relacionó con los resultados hallados en el *Pull Up* ($p < 0,05$). Los participantes con mayores valores de fuerza en *Back Squat*, *Front Squat* y *Pull Up* presentaron un mejor rendimiento en *Snatch*, *Clean & Jerk* y *Kipping Pull Up*.

Palabras clave: *CrossFit*[®], HIFT, FFT, Fuerza, Rendimiento

ABSTRACT

The study focused on replicating and expanding the research conducted by Tibana et al. (2016). It analysed the relationship between strength in Back Squat, Front Squat, and Pull Up exercises and their influence on the performance of specific activities such as Snatch, Clean & Jerk, and Kipping Pull Up. Twenty-two subjects participated in the study, who were divided into two groups based on their performance in the Snatch and Clean & Jerk exercises: high strength group (age, 33.36 ± 6.31 years; body mass, 84.50 ± 10.36 kg; and height, 1.77 ± 0.03 cm) and low strength group (age, 35.35 ± 10.29 years; body mass, 70.97 ± 16.81 kg; and height, 1.73 ± 0.13 cm). All subjects performed a 1 repetition maximum (1RM) test of Back Squat, Front Squat, Pull Up, Snatch, and Clean & Jerk and the maximum repetitions test of Kipping Pull Up. Significant differences ($p \leq 0.05$) were observed between the groups in body mass, body mass index, practice time, and training hours. In addition, significant differences ($p \leq 0.05$) were detected in the maximum repetitions of all the exercises performed, with the exception of the Kipping Pull Up ($p > 0.05$). Correlations ($p \leq 0.01$) were found between most of the values achieved in the different exercises. However, the Kipping Pull Up exercise was only related to

the results found in the Pull Up ($p < 0.05$). Participants with higher strength values in Back Squat, Front Squat, and Pull Up showed better performance in Snatch, Clean & Jerk, and Kipping Pull Up.

Keywords: CrossFit®, HIFT, FFT, Strength, Performance

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el *CrossFit*® se ha convertido en un fenómeno mundial en el ámbito del entrenamiento físico, con más de 15.000 boxes en todo el mundo (Cunningham, 2024). Este enfoque se inscribe dentro del Entrenamiento de *Fitness* Funcional (FFT, por sus siglas en inglés) (Dominski et al., 2022), y ha sido reconocido por el *American College of Sports Medicine* como una de las principales tendencias en *fitness*, ocupando el puesto 14 en el año 2022 (Thompson, 2023). Su popularidad es aún más notable en países como España, donde se encuentra entre las dos principales tendencias en *fitness* (Kercher et al., 2023).

Este sistema de entrenamiento de la aptitud física se distingue por su versatilidad (Estrada Oliver et al., 2023), abarcando actividades que van desde el levantamiento de pesas hasta el acondicionamiento aeróbico (Dominski et al., 2022). En este sentido, se ha demostrado que el *CrossFit*® mejora diversas capacidades físicas, como la resistencia cardiovascular y muscular, la fuerza, la potencia, la flexibilidad y el equilibrio (Gianzina & Kassotaki, 2019). Sin embargo, no todos los programas de *CrossFit*® priorizan el desarrollo de la fuerza muscular (Schlegel, 2020), una capacidad crítica junto con la potencia para el rendimiento en diversas disciplinas deportivas (Cormier et al., 2020).

Ante esta situación, varios estudios han destacado la importancia de la fuerza para predecir el rendimiento en *CrossFit*®. Investigaciones como las de Butcher et al. (2015), Dexheimer et al. (2019), Martínez-Gómez et al. (2019, 2020) y Meier et al. (2023) han demostrado una correlación entre los niveles de fuerza y el rendimiento en diferentes entrenamientos. Estos incluyen tanto los entrenamientos de referencia, conocidos como *Benchmark*, como aquellos extraídos de los *CrossFit*® Games o diseñados por los propios investigadores. Por otro lado, el estudio llevado a cabo por Peña et al. (2021) analizó la relación entre parámetros de fuerza y potencia, pruebas de *fitness* estandarizadas y el rendimiento en entrenamientos de referencia como *Fran*, *Isabel* y *Kelly*. Sin embargo, sólo encontraron una correlación con el valor de carga en *Snatch*. Hasta el momento, el único estudio que aborda de manera aislada la relación entre fuerza y potencia en ejercicios de *CrossFit*® es el realizado por Tibana et al. (2016), utilizando la sentadilla frontal y trasera como referencia de fuerza, y la arrancada y la cargada como ejercicios de potencia.

En particular, el *CrossFit*® integra ejercicios de fuerza como la sentadilla trasera (o *Back Squat*, donde hay que mantener una barra sobre los hombros y flexionar las rodillas hasta sobrepasar un ángulo de 90°), la sentadilla frontal (o *Front Squat*, similar al anterior pero con la barra sobre el pecho, en la llamada posición de *Front Rack*), y la dominada estricta (*Pull Up*, consistente en colgarse de una barra con las manos y elevar el cuerpo hasta que la barbilla sobrepase la barra), entre otros. Asimismo, incorpora ejercicios de potencia con un componente balístico, como la arrancada (*Snatch*, basada en elevar una barra desde el suelo hasta por encima de la cabeza en un solo movimiento), la cargada (o *Clean & Jerk*, similar al anterior pero con dos movimientos: primero hasta los hombros, y luego por encima de la cabeza) y la dominada con *kiping* (o *Kipping Pull Up*, similar a la dominada estricta pero con un impulso del cuerpo para facilitar el movimiento) (CrossFit LLC, 2021).

Para mejorar el rendimiento en *Snatch*, *Clean & Jerk* y *Kipping Pull Up*, es fundamental tanto el perfeccionamiento técnico como el fortalecimiento de los componentes de fuerza asociados a estos ejercicios. Comprender la relación entre los ejercicios de fuerza y aquellos que



involucran la potencia con un componente balístico es clave a la hora de diseñar los entrenamientos. Esta comprensión permitirá una planificación más eficiente del trabajo de fuerza, con miras a potenciar el desempeño en los ejercicios de potencia.

Por ello, el objetivo de este estudio buscó replicar y ampliar la investigación realizada por Tibana et al. (2016). Aunque el diseño experimental y el número de participantes fueron similares, este trabajo incorporó dos ejercicios adicionales (la dominada estricta y la dominada con *kipping*) para evaluar la potencia muscular con un componente balístico diferente al de los ejercicios de halterofilia (*Clean & Jerk* y *Snatch*). La hipótesis inicial fue que existe una correlación positiva entre el rendimiento en los ejercicios de *Snatch*, *Clean & Jerk* y *Kipping Pull Up*, y la fuerza en los ejercicios de sentadilla trasera (*Back Squat*), sentadilla frontal (*Front Squat*) y dominada estricta (*Pull Up*).

MÉTODO

Diseño

Para alcanzar el objetivo planteado se realizó un estudio observacional transversal siguiendo las pautas establecidas en la Declaración STROBE para la comunicación de estudios observacionales (Vandenbroucke et al., 2007). Se eligió un diseño transversal con el objetivo de refutar y ampliar los hallazgos de Tibana et al. (2016), quienes analizaron la relación entre la fuerza muscular en las sentadillas y el rendimiento en los movimientos de levantamiento olímpico de arrancada y cargada en practicantes de *CrossFit*[®].

Participantes

En el estudio participaron 22 adultos practicantes de *CrossFit*[®], de los cuales 17 fueron hombres y 5 mujeres, con edades comprendidas entre los 22 y 57 años. El tamaño de la muestra se determinó mediante un muestreo por conveniencia, con el objetivo de incluir al mayor número posible de participantes que cumplieran con los criterios de elegibilidad y estuvieran disponibles y dispuestos a formar parte del estudio. Esta estrategia de reclutamiento se seleccionó debido a las limitaciones de tiempo, recursos y acceso a la población objetivo. Todos los participantes fueron deportistas del centro de entrenamiento *Dark Lion Box* en Siero (Asturias). El requisito de inclusión consistió en no presentar ninguna enfermedad o patología que pudiera comprometer su salud durante el estudio. Todos los sujetos participaron libremente en el estudio y otorgaron su consentimiento informado antes de participar.

Tabla 1

Características de la muestra.

	Alta Fuerza		Baja fuerza		<i>p</i>	TE
	media ± <i>DE</i>	<i>Min-Max</i>	media ± <i>DE</i>	<i>Min-Max</i>		
Edad (años)	33.36 ± 6.31	23.00-42.00	35.35 ± 10.29	22.00-57.00	0.556	0.23
Masa corporal (kg)	84.50 ± 10.36	65.80-101.30	70.97 ± 16.81	50.80-115.50	0.034	0.97
Estatura (m)	1.77 ± 0.03	1.72-1.80	1.73 ± 0.13	1.59-2.05	0.415	0.42
IMC (m/kg ²)	27.03 ± 3.80	20.31-34.24	23.25 ± 1.93	20.09-27.48	0.008	1.25
Entrenamiento previo (meses)	40.36 ± 19.73	18.00-84.00	24.82 ± 14.94	5.00-48.00	0.050	0.89
Entrenamientos semanales (n°)	4.82 ± 1.25	3.00-6.00	4.00 ± 1.09	3.00-6.00	0.118	0.70
Volumen de entrenamiento (h)	761.45 ± 359.85	216.00- 1440.00	395.27 ± 241.07	60.00- 76.80	0.011	1.20

Nota. *Min-Max*: valores mínimos y máximos, *p*: nivel de significación, *TE*: tamaño del efecto calculado empleando la *d* de Cohen, *kg*: kilogramos, *m*: metros, *IMC*: índice de masa corporal, *n°*: número, *h*: horas de entrenamiento anuales.

Procedimiento e instrumentos

Los sujetos fueron evaluados según el test de fuerza de 1 repetición máxima (1RM) en los ejercicios de *Back Squat*, *Front Squat* y *Pull Up*, además de su rendimiento en *Snatch*, *Clean & Jerk* y *Kipping Pull Up*. Posteriormente, se dividieron en dos grupos: uno de alta fuerza (n=11) y otro de baja fuerza (n=11), según su rendimiento en los ejercicios de *Snatch* y *Clean & Jerk*. Esta clasificación se llevó a cabo considerando la carga de la 1RM en dichos ejercicios. Se sumaron ambas puntuaciones para obtener una puntuación final. Los participantes con las puntuaciones más bajas se clasificaron como baja fuerza, mientras que aquellos con las puntuaciones más altas se clasificaron como alta fuerza (Tibana et al., 2016).

Todos los test de 1RM (*Back Squat*, *Front Squat*, *Pull Up*, *Snatch* y *Clean & Jerk*) se llevaron a cabo siguiendo los protocolos establecidos por la *National Strength Conditioning Association*, con intervalos de al menos 48 h entre ellos para minimizar la fatiga muscular. Las pruebas de halterofilia se realizaron utilizando barras olímpicas de la marca *Singular WOD* de 20 kg para hombres y de 15 kg para mujeres, con incrementos de peso desde 0,5 kg hasta 20 kg. Se realizaron cinco intentos para alcanzar la 1RM, con descansos de cinco minutos entre cada intento. La prueba de máximas dominadas utilizando la técnica del *kiping* consistió en realizar el mayor número de repeticiones posible con dicha técnica sin soltarse de la barra. Todos los test fueron precedidos por un calentamiento estandarizado en remoergómetro (RowERG Concept 2 D PM5, Concept 2 Inc., Morrisville, VT, USA), seguido de 5 a 10 repeticiones con un peso moderado, con descansos de un minuto entre ellas. Todos los sujetos estaban previamente familiarizados con los procedimientos a realizar (Urdampilleta et al., 2012). Para minimizar el sesgo, se implementó un método de cegamiento, donde los participantes no recibieron información detallada sobre las pruebas que realizarían con anterioridad, ni se les permitió presenciar las pruebas de otros participantes ni conocer sus resultados antes de realizar sus propias pruebas. Además, gracias a la experiencia de los evaluadores, el nivel de habilidad de los participantes y el estricto seguimiento de los protocolos de medición, todos los participantes pudieron completar las pruebas en su totalidad.

Finalmente, en la primera sesión de valoración, se registró el peso (Newfeel scale 100, Decathlon, Vileneuve d'Ascq, Francia) y la estatura (seca 213, seca Deutschland, Hamburgo, Alemania) de los participantes, y se recopiló información sobre la frecuencia semanal de entrenamiento y la experiencia previa en el ámbito deportivo.

Análisis de datos

Los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar (*DE*). La asunción de normalidad fue verificada empleando la prueba de Saphiro-Wilk. Se usó la prueba *t* de Student para analizar las diferencias entre grupos. La igualdad de varianzas en las muestras se comprobó con la prueba de Levene. La *d* de Cohen fue calculada como indicador del tamaño del efecto, valores de <0,20, 0,20-0,50, 0,51-0,80, y >0,80 fueron clasificados como triviales, pequeños, moderados y grandes, respectivamente. La correlación entre variables fue analizada a través del coeficiente de correlación de Spearman (ρ) (Mártinez Aldama et al., 2021). Valores de <0,3, 0,3-0,5, 0,6-0,8 y >0,8 fueron considerados como pobres, razonables, moderadamente fuertes y muy fuertes, respectivamente (Chan, 2003). Por último, se realizó un análisis de regresión múltiple para identificar las relaciones explicativas de las variables independientes (*Back Squat*, *Front Squat* y *Pull Up*) sobre las dependientes (*Snatch*, *Clean & Jerk* y *Kipping Pull Up*). Valores de $p \leq 0,05$ fueron considerados estadísticamente significativos. El análisis estadístico fue realizado utilizando el software SPSS para Windows v.26.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran las características de los participantes. Se hallaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), dependientes del nivel de fuerza (alta o baja), en la masa corporal, IMC,



experiencia de entrenamiento previa y volumen de entrenamiento, que se cuantificó combinando las horas semanales con los meses de práctica anual.

Así, los valores de fuerza analizados en los diferentes ejercicios fueron significativamente mayores ($p \leq 0,05$) en el grupo de alta fuerza, siendo el tamaño del efecto de la diferencia entre ambos grupos grande; excepto en el ejercicio de *Kipping Pull Up* ($p \geq 0,05$) (Tabla 2). A pesar de ello, la magnitud de las diferencias observadas entre grupos en este ejercicio fue moderada ($d = 0,73$).

Tabla 2

Valores de fuerza analizados en los diferentes ejercicios según el grupo (alta y baja fuerza).

	Alta Fuerza		Baja Fuerza		p	TE
	media \pm DE	Min-Max	media \pm DE	Min-Max		
<i>Back Squat</i> (kg)	119.45 \pm 23.48	74.00-169.00	83.00 \pm 22.11	64.00-140.00	0.001	1.60
<i>Front Squat</i> (kg)	102.55 \pm 21.22	68.00-130.00	65.27 \pm 10.20	50.00-80.00	0.000	2.24
<i>Clean & Jerk</i> (kg)	83.09 \pm 12.80	67.00-105.00	46.82 \pm 7.69	35.00-62.00	0.000	3.43
<i>Snatch</i> (kg)	61.73 \pm 11.11	50.00-80.00	39.09 \pm 9.73	20.00-60.00	0.000	2.17
<i>Pull Up</i> (kg)	24.09 \pm 6.44	12.00- 31.50	10.95 \pm 7.08	1.00-20.00	0.000	1.94
<i>Kipping Pull Up</i> (reps)	19.55 \pm 4.71	12.00-27.00	14.64 \pm 8.32	3.00-26.00	0.104	0.73

Nota. *Min-Max*: valores mínimos y máximos, *p*: nivel de significación, *TE*: tamaño del efecto calculado empleando la *d* de Cohen, *kg*: kilogramos, *reps*: repeticiones.

Adicionalmente, se hallaron relaciones significativas ($p \leq 0,01$) en el rendimiento entre los diferentes ejercicios, con valores moderadamente fuertes y muy fuertes, salvo en el *Kipping Pull Up*, el cual sólo se relacionó ($p \leq 0,05$) con el *Pull Up*, con un valor razonable (Tabla 3).

Tabla 3

Correlación entre el rendimiento en cada uno de los ejercicios de Crossfit®.

	<i>Back Squat</i>	<i>Front Squat</i>	<i>Clean & Jerk</i>	<i>Snatch</i>	<i>Pull Up</i>	<i>Kipping Pull Up</i>
<i>Back Squat</i>	-	0.885***	0.713***	0.808***	0.633**	0.058
<i>Front Squat</i>	0.885***	-	0.866***	0.837***	0.774***	0.143
<i>Clean & Jerk</i>	0.713***	0.866***	-	0.880***	0.777***	0.309
<i>Snatch</i>	0.808***	0.837***	0.880***	-	0.826***	0.262
<i>Pull Up</i>	0.633**	0.774***	0.777***	0.826***	-	0.431*
<i>Kipping Pull Up</i>	0.058	0.143	0.309	0.262	0.431*	-

Nota. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

A su vez, las características de los sujetos influyeron en las relaciones observadas. Dentro del grupo de baja fuerza, se observaron correlaciones únicamente entre los ejercicios de *Back Squat* y *Front Squat*, así como con el *Snatch* (Tabla 4). Además, en este grupo se detectó una relación en el rendimiento entre el *Snatch* y el *Pull Up*. En contraste, en el grupo de alta fuerza, se encontró un mayor número de correlaciones entre ejercicios (Tabla 5). Tan solo el *Pull Up* no mostró relación ($p \geq 0,05$) con el *Back Squat*, *Clean & Jerk* y *Kipping Pull Up*. Asimismo, el *Kipping Pull Up* no se correlacionó con el *Clean & Jerk* y el *Snatch* (Tabla 5).

Tabla 4*Relaciones en el rendimiento entre los ejercicios de Crossfit® en el grupo de baja fuerza.*

	<i>Back Squat</i>	<i>Front Squat</i>	<i>Clean & Jerk</i>	<i>Snatch</i>	<i>Pull Up</i>	<i>Kipping Pull Up</i>
<i>Back Squat</i>	-	0.622*	0.275	0.667*	0.361	-0.010
<i>Front Squat</i>	0.622*	-	0.491	0.295	0.422	0.041
<i>Clean & Jerk</i>	0.275	0.491	-	0.477	0.412	0.439
<i>Snatch</i>	0.667*	0.295	0.477	-	0.604*	0.182
<i>Pull Up</i>	0.361	0.422	0.412	0.604*	-	0.590
<i>Kipping Pull Up</i>	-0.010	0.041	0.439	0.182	0.590	-

Nota. * $p \leq 0.05$.**Tabla 5***Relaciones en el rendimiento entre los ejercicios de Crossfit® en el grupo de alta fuerza.*

	<i>Back Squat</i>	<i>Front Squat</i>	<i>Clean & Jerk</i>	<i>Snatch</i>	<i>Pull Up</i>	<i>Kipping Pull Up</i>
<i>Back Squat</i>	-	0.876***	0.619*	0.693*	0.413	-0.678*
<i>Front Squat</i>	0.876***	-	0.811**	0.772**	0.602*	-0.607*
<i>Clean & Jerk</i>	0.619*	0.811**	-	0.858**	0.502	-0.274
<i>Snatch</i>	0.693*	0.772**	0.858**	-	0.662*	-0.231
<i>Pull Up</i>	0.413	0.602*	0.502	0.662*	-	0.000
<i>Kipping Pull Up</i>	-0.678*	-0.607*	-0.274	-0.231	0.000	-

Nota. * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

Por último, el análisis de regresión múltiple realizado reveló la influencia que tienen los ejercicios de fuerza sobre el rendimiento de los diferentes ejercicios de potencia. En concreto, se observó que los ejercicios de *Back Squat*, *Front Squat* y *Pull Up* explicaron ($p \leq 0.001$) el 89,3, 89,4 y 81,9% respectivamente de la variabilidad en el *Clean & Jerk*. Asimismo, la variación en estos ejercicios predijo ($p \leq 0.001$) el 76,7, 72,7 y 74,1% del cambio en el *Snatch*. Por el contrario, el rendimiento en el ejercicio de *Kipping Pull Up* únicamente se vio influenciado por el *Pull Up* (35,7%, $p \leq 0.05$).

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue analizar la relación entre la fuerza muscular en ejercicios de *Back Squat*, *Front Squat* y *Pull Up*, y la potencia en ejercicios balísticos como el *Snatch*, *Clean & Jerk* y *Kipping Pull Up* en deportistas amateur de *CrossFit®*. La hipótesis inicial se confirmó parcialmente, ya que se observó una relación estadísticamente significativa entre los valores de fuerza y los ejercicios de potencia de arrancada y cargada. Sin embargo, sólo se encontró una relación significativa entre el *Kipping Pull Up* y la fuerza en el *Pull Up*.

En el contexto del *CrossFit®*, tanto los ejercicios de halterofilia como los gimnásticos desempeñan un papel fundamental. Stone et al. (2005) establecieron una correlación entre fuerza y potencia en halterofilia, particularmente al comparar la fuerza isométrica máxima con los valores del *Clean & Jerk* ($r=0.80$) y *Snatch* ($r=0.79$), utilizando la fórmula de Sinclair. Este hallazgo fue posteriormente corroborado por Tibana et al. (2016), quienes examinaron específicamente la relación entre la fuerza en *Back Squat* y *Front Squat* con la potencia en *Snatch* y *Clean & Jerk*, encontrando correlaciones de aproximadamente $r=0.80$ en ambos casos. En el presente trabajo, se ha ampliado este enfoque al incluir no sólo ejercicios de halterofilia (i.e., *Back Squat* y *Front Squat*), sino también ejercicios gimnásticos como el *Pull Up* y *Kipping Pull Up*.

En cuanto a las características de los atletas de *CrossFit®*, el estudio de Tibana et al. (2016) no encontró diferencias significativas en variables como la edad, masa corporal, estatura, IMC, masa grasa, masa magra y experiencia entre los grupos de alta y baja fuerza. Sin embargo, en nuestra investigación se extendió estos parámetros para incluir factores clave para caracterizar la muestra como la experiencia previa en el entrenamiento y el volumen de entrenamiento de los sujetos. Nuestros hallazgos, contrariamente a lo observado previamente (Tibana et al.,



2016), mostraron diferencias entre los grupos de estudio en la masa corporal, IMC, tiempo de práctica y horas acumuladas de entrenamiento. Esta discrepancia pudo deberse a la mayor heterogeneidad de nuestra muestra frente a la de Tibana et al. (2016).

Tanto en el estudio de Tibana et al. (2016) como en el nuestro se observaron diferencias significativas entre los grupos de alta y baja fuerza en los valores analizados en los ejercicios de fuerza (Back Squat, Front Squat y Pull Up) y en los de potencia (Snatch y Clean & Jerk). Sin embargo, en ambos estudios no se encontraron diferencias entre grupos en las dominadas realizadas con la técnica del Kipping. Este último hallazgo podría ser debido al sesgo producido a la hora asignar a los sujetos a los grupos de estudio. Estos grupos se definieron atendiendo a los valores obtenidos en los ejercicios de arrancada y cargada, ejercicios que sí se correlacionaron con las sentadillas y las dominadas estrictas. Ello indica que las habilidades y fuerzas requeridas para ejecutar una dominada con técnica de Kipping podrían ser cualitativamente diferentes y no necesariamente relacionadas con los parámetros de fuerza y potencia medidos en los ejercicios de halterofilia. Es otras palabras, la ejecución del Kipping podría depender más de factores como la coordinación, la técnica específica o la eficiencia en la utilización de la energía, aspectos que no se capturan únicamente al evaluar la fuerza y la potencia.

Las implicaciones prácticas de este estudio podrían beneficiar a entrenadores y atletas en el ámbito de *CrossFit*[®] y posiblemente en otros deportes que requieren fuerza y potencia. Nuestro estudio resalta la interrelación entre los ejercicios de fuerza y de potencia, lo cual es crucial para diseñar programas de entrenamiento óptimos. Por ejemplo, una recomendación a los practicantes podría ser la secuenciación cuidadosa de los ejercicios dentro de la sesión de entrenamiento. Dado que se ha demostrado que existe una correlación entre los ejercicios de fuerza y de potencia, puede ser poco recomendable realizar un ejercicio de fuerza justo antes de uno de potencia relacionado, debido a la fatiga acumulada que podría afectar el rendimiento en el segundo ejercicio. Este hallazgo podría llevar a los entrenadores a reorganizar las sesiones para evitar este tipo de secuenciación y, por lo tanto, maximizar el rendimiento del atleta. Por otro lado, las diferencias encontradas entre las características de los sujetos (e.g., masa corporal, IMC, carga de entrenamiento) del grupo de alta y baja fuerza resaltan la importancia de individualizar el entrenamiento para aprovechar el potencial de cada atleta.

El presente trabajo no está exento de potenciales limitaciones. En primer lugar, el uso de un diseño transversal pudo limitar la capacidad de establecer relaciones causales entre las variables analizadas. Aunque este tipo de diseño es útil para explorar correlaciones y tendencias en un momento específico, carece de profundidad analítica necesaria para determinar la causalidad (Wang & Cheng, 2020). Si bien el objetivo de nuestro estudio fue refutar los hallazgos de otra investigación transversal, esta metodología podría considerarse apropiada en ese contexto específico. Otra posible limitación deriva del hecho de que nuestro estudio se basó en un muestreo por conveniencia, lo que puede introducir sesgos de selección y no respuesta. Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de los estudios de este ámbito presentan un alto riesgo de selección (Claudino et al., 2018) y gran parte de la investigación en Ciencias del Ejercicio y del Deporte se basa en muestreos por conveniencia o criterios arbitrarios (Abt et al., 2020). Por último, la falta de significancia estadística en los coeficientes de interacción sugiere la posible existencia de factores no considerados en el estudio que podrían estar influyendo en los resultados, o que el tamaño de la muestra podría no ser lo suficientemente grande como para detectar diferencias significativas. Esta circunstancia resalta la necesidad de realizar más investigaciones, ya sea mediante la recopilación de más datos o la revisión de las variables seleccionadas.

CONCLUSIONES

Este estudio reveló que individuos con mayores niveles de fuerza en los ejercicios de halterofilia, como *Back Squat* y *Front Squat*, muestran un rendimiento superior en los ejercicios

de *Snatch* y *Clean & Jerk*. Asimismo, aquellos con una mayor fuerza en *Pull Up* exhiben un mejor desempeño en *Kipping Pull Up*. Sin embargo, no se identificó una relación entre el *Kipping Pull Up* y los parámetros de fuerza o potencia de halterofilia (*Back Squat*, *Front Squat*, *Snatch* o *Clean & Jerk*). Aunque el estudio ha detectado correlaciones significativas entre ciertos ejercicios de fuerza y potencia, las limitaciones inherentes en el diseño y la metodología de muestreo requieren una interpretación cuidadosa de los resultados. Para fortalecer la validez de estas conclusiones, futuros estudios podrían considerar diseños experimentales o longitudinales más sólidos.

Responsabilidades éticas

Los autores declaran que los procedimientos seguidos cumplen los criterios establecidos en la Declaración de Helsinki para investigaciones con seres humanos.

Protección de datos

Los autores declaran que no aparecen datos de participantes en este artículo.

Conflicto de intereses

El autor principal declara ser director general de una empresa que gestiona un *box* de entrenamiento de *fitness* funcional.

REFERENCIAS

- Abt, G., Boreham, C., Davison, G., Jackson, R., Nevill, A., Wallace, E., & Williams, M. (2020). Power, precision, and sample size estimation in sport and exercise science research. *Journal of Sports Sciences*, 38(17), 1933-1935. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1776002>
- Butcher, S., Neyedly, T., Horvey, K., & Benko, C. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open Access Journal of Sports Medicine*, 2015(6), 241-247. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s88265>
- Chan YH. (2003). Biostatistics 104: correlational analysis. *Singapore Med J*, 44(12), 614-619. <https://doi.org/10.1201/9781003073116-14>
- Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. de S., Miranda, R. C., Mezêncio, B., Soncin, R., Cardoso Filho, C. A., Bottaro, M., Hernandez, A. J., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2018). CrossFit overview: systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine – Open*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0124-5>
- Cormier, P., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J., & Alcaraz, P. E. (2020). Complex and contrast training: does strength and power training sequence affect performance-based adaptations in team sports? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1461-1479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003493>
- CrossFit LLC. (2021). *Guía de entrenamiento del Nivel 1*. CrossFit Training. https://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_Level1_Spanish_Latin_American.pdf
- Cunningham, J. (26 de enero 2024). *Most Interesting CrossFit Statistics & Facts in 2024*. 13 de junio. Total Shape. Recuperado el 18 de marzo de 2024. <https://totalshape.com/fitness/crossfit-statistics/>
- 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*, 7(4), 93. <https://doi.org/10.3390/sports7040093>
- Dominski, F. H., Tibana, R. A., & Andrade, A. (2022). “Functional Fitness Training”, CrossFit, HIMT, or HIFT: What is the preferable terminology? *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 882195. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.882195>



- Estrada Oliver, L., Wahl-Alexander, Z., Melendez- Nieves, A., & Rosado, O. (2023). Evaluación de la actividad y aptitud física en el Modelo de Educación Deportiva: revisión sistemática. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 437(4), 10–47. <https://doi.org/10.55166/reefd.v437i4.1070>
- Gianzina, E. A., & Kassotaki, O. A. (2019). The benefits and risks of the high-intensity CrossFit training. *Sport Sciences for Health*, 15, 21-33. <https://doi.org/10.1007/s11332-018-0521-7>
- Kercher, V. M., Kercher, K., Levy, P., Bennion, T., Alexander, C., Amaral, P. C., Batrakoulis, A., Chávez, L. F. J. G., Cortés-Almanzar, P., Haro, J. L., Zavalza, A. R. P., Rodríguez, L. E. A., Franco, S., Santos-Rocha, R., Ramalho, F., Simões, V., Vieira, I., Ramos, L., Veiga, O. L., ... Romero-Caballero, A. (2023). 2023 Fitness trends from around the globe. *ACSM's Health and Fitness Journal*, 27(1), 19-30. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000836>
- Martinez-Gomez, R., Valenzuela, P., Alejo, L., Gil-Cabrera, J., Montalvo-Pérez, A., Talavera, E., Lucia, A., Moral-González, S., & Barranco-Gil, D. (2020). Physiological predictors of competitive performance in CrossFit athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10):3699. <https://doi.org/https://doi.org/10.1101/2019.12.16.877928>
- 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>
- Martínez Aldama, O., Alcorta Cayero, R., & Yanci Irigoyen, J. (2021). Validez y fiabilidad de un cuestionario sobre la percepción de los gestores acerca de la situación, las debilidades y los retos de futuro de los servicios deportivos municipales: Un estudio piloto. *Revista Española De Educación Física y Deportes*, (431), 21-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.55166/reefd.vi431i.940>
- Meier, N., Schlie, J., & Schmidt, A. (2023). CrossFit®: ‘Unknowable’ or Predictable?—A systematic review on predictors of CrossFit® performance. *Sports*, 11(6), 112. <https://doi.org/10.3390/sports11060112>
- 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), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073692>
- Schlegel, P. (2020). CrossFit® training strategies from the perspective of concurrent training: a systematic review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(4), 670-680.
- Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Carlock, J., Cardinale, M., & Newton, R. U. (2005). Relationship of maximum strength to weightlifting performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(6), 1037–1043. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000171621.45134.10>
- Thompson, W. R. (2023). Worldwide survey of fitness trends for 2023. *ACSM's Health and Fitness Journal*, 27(1), 9-18. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000834>
- Tibana, R. A., de Farias, D. L., Nascimento, D. C., Da Silva-Grigoletto, M. E., & Prestes, J. (2016). Relación de la fuerza muscular con el rendimiento en levantamiento de peso olímpico en practicantes de CrossFit®. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 11(2), 84-88. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.11.005>
- Urdampilleta, O., Gomez Zorita, A., Martinez Sanz, S., & J.M, R. C. (2012). La eficacia de un programa de ejercicios de alta intensidad en hipoxia intermitente para la mejora de la fuerza-resistencia. *Revista Española De Educación Física y Deportes*, (397), 63–74.

<https://doi.org/https://doi.org/10.55166/reefd.v0i397.185>

Vandenbroucke, J. P., Elm, E. Van, Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Mulrow, C. D., Pocock, S. J., Poole, C., Schlesselman, J. J., & Egger, M. (2007). Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *Plos Medicine*, 4(10), e297. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0040297>

Wang, X., & Cheng, Z. (2020). Cross-sectional studies: strengths, weaknesses, and recommendations. *Chest*, 158(1), S65-S71. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.012>