PubliCE, (PubliCE) 2021

Article

La Resistencia Muscular Local y la Fuerza Tuvieron una Fuerte Relación con el Crossfit® Open 2020 en Atletas Amateurs

Ramires Alsamir Tibana[1], Ivo Vieira de Sousa Neto[2], Nuno Manuel Frade de Sousa[3], Caroline Romeiro[1,4], Adriana Hanai[4], Hiury Brandão[4], Fábio Hech Dominski[5] y Fabricio Azevedo Voltarelli[1]

[1]*Graduate Program in Health Sciences, Faculty of Medicine, Federal University of Mato Grosso (UFTM), Cuiabá 78060-900, Brazil*
[2]*Laboratory of Molecular Analysis, Graduate Program of Sciences and Technology of Health, University of Brasilia, Brasilia 72220-900, Brazil*
[3]*Laboratory of Exercise Physiology, Faculty Estacio of Vitoria, Vitoria 29092-280, Brazil*
[4]*Graduate Program on Physical Education, Catholic University of Brasilia, Brasilia 71966-700, Brazil*
[5]*Graduate Program on Physical Education, Catholic University of Brasilia, Brasilia 71966-700, BrazilGraduate Program on Physical Education, Catholic University of Brasilia, Brasilia 71966-700, Brazil*

RESUMEN

Este estudio analizó la relación entre las medidas antropométricas, la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza, la potencia y la resistencia muscular local con el rendimiento en el CrossFit® Open 2020. Para ello, 17 voluntarios (entre ellos, 6 mujeres) (29.0±7.2 años) completaron, en semanas separadas, pruebas de composición corporal (absorciometría de rayos X de energía dual), consumo máximo de oxígeno (prueba de remo de 2 km), fuerza muscular (una repetición máxima (1MR) sentadilla frontal y trasera, torque pico isométrico), potencia muscular (arranque 1MR y clean & jerk) y resistencia muscular (prueba de Tibana), que se compararon con el rendimiento durante el CrossFit® Open 2020. Las pruebas específicas de resistencia muscular localizada y fuerza muscular tuvieron la relación más fuerte con el rendimiento en el CrossFit® Open 2020. Por otro lado, el porcentaje de grasa corporal y la capacidad cardiorrespiratoria no se correlacionaron significativamente con el rendimiento del entrenamiento CrossFit® Open 2020. Por lo tanto, los entrenadores y profesionales deben utilizar estos hallazgos para evaluar la condición física y organizar la distribución de la sesión de entrenamiento en función de las necesidades físicas menos desarrolladas, a fin de garantizar una adaptación fisiológica adecuada para una competencia determinada.

INTRODUCCIÓN

El CrossFit® se considera un entrenamiento de movimiento funcional de alta intensidad constantemente variado que tiene como objetivo aumentar la capacidad de trabajo en múltiples dominios físicos (resistencia, fuerza, flexibilidad) utilizando distintos movimientos funcionales [1]. Por lo tanto, diferentes tipos de sesiones de entrenamiento, que se conocen como *Workout of the Day* (WOD), combinan diferentes ejercicios y tareas, como ciclismo, carrera, remo, levantamiento de pesas

olímpico, levantamiento de pesas y ejercicios de tipo gimnástico [1].

El CrossFit® competitivo a menudo consta de dos etapas, el clasificatorio *on line* (múltiples desafíos de entrenamiento desconocidos que se completan en el transcurso de algunas semanas) a partir del cual los competidores con los mejores resultados *on line* califican para eventos regionales (América del Sur, América del Norte, África, Asia etc.). El CrossFit® Open es una competencia *on line* administrada oficialmente por CrossFit Inc, y es uno de los eventos deportivos más grandes del mundo, con más de 239.106 participantes en el evento de 2020.

El entrenamiento específico para el CrossFit® Open tiende a ser diferente para eventos regionales (Sudamérica, Norteamérica, África, Asia etc.), debido a las características de esa competición (una baja sobrecarga se suele utilizar en ejercicios de fuerza y tareas de mayor duración). Además, tradicionalmente sólo se prescribe el ergómetro de remo como ejercicio cíclico (generalmente con poco volumen).

A pesar del aumento de su popularidad, hay escasez en la literatura sobre el tema del rendimiento del CrossFit. Investigaciones anteriores han estudiado la relación entre pruebas no específicas como el perfil antropométrico [2], la capacidad cardiorrespiratoria [3], la fuerza muscular [3] y la potencia muscular [3], con el rendimiento en practicantes y atletas de CrossFit. Por ejemplo, Martínez-Gómez y cols. [3] evaluaron la relación entre la fuerza muscular (sentadilla completa) y el rendimiento en el CrossFit® Open 2017. Los autores demostraron que los índices de fuerza y potencia medidos en una prueba de sentadilla se asociaron positivamente con el rendimiento de CrossFit®. Sin embargo, según Butcher y cols. [4], el rendimiento en CrossFit es diferente al de la mayoría de los deportes donde es posible predecir y evaluar el rendimiento de un atleta con pruebas de fuerza muscular, variables fisiológicas y potencias aeróbicas y anaeróbicas (prueba en cinta y Wingate test, respectivamente). En el CrossFit, aunque las pruebas están parcialmente asociadas al rendimiento en algunas pruebas (CrossFit *open* y *benchmarks*), estas pruebas no tienen especificidad con la variedad de movimientos y repeticiones durante los entrenamientos (calistenia, fuerza y resistencia).

Los entrenamientos del año anterior (2019) no tuvieron características de fuerza muscular o capacidad cardiovascular. Por otro lado, los atletas realizaban varias repeticiones de ejercicios específicos, como un componente gimnástico (por ej., burpees, flexiones o caminatas en puhs-up, flexiones con barra de pecho, flexiones de los pies con barra y flexiones de brazos con barra) con ejercicios de fuerza relativamente ligeros (por ej., wall ball, thruster, clean, snatch, estocada por encima de la cabeza con mancuernas, step-ups con mancuernas). Sin embargo, se desconoce si una prueba específica de resistencia muscular local está asociada con el rendimiento en el CrossFit® Open. La evaluación previa del rendimiento físico podría proporcionar datos eficientes para el análisis y comentarios importantes a los atletas y entrenadores para determinar los predictores claves del rendimiento en una competencia en particular. Esta información podría ser valiosa para las estrategias basadas en la evidencia durante las competencias y para identificar un posible desempeño deficiente.

Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre las medidas antropométricas, la capacidad cardiorrespiratoria y las variables de fuerza, potencia y una prueba específica de resistencia muscular con el rendimiento en el CrossFit® Open 2020. Hipotetizamos que se encontrarían correlaciones significativas entre las variables analizadas y el rendimiento en el CrossFit® Open 2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

En total, se reclutaron 17 voluntarios (incluyendo 6 mujeres) (29.0±7.2 años). Todos los sujetos estaban libres de lesiones o enfermedades conocidas, no usaban drogas para mejorar el rendimiento y tenían un mínimo de 6 meses de experiencia en CrossFit. Se recomendó a los participantes dormir de seis a ocho horas la noche anterior a las pruebas, mantener hábitos nutricionales e hidratantes regulares, evitar el ejercicio intenso 48 hs antes de las sesiones y evitar el consumo de tabaco, alcohol y cafeína 24 hs antes de una sesión. Todos los sujetos dieron su consentimiento informado y el estudio fue aprobado por el Comité Universitario de Ética en Investigación para Uso Humano (2.698.225/Universidade Estácio de Sá/UNESA / RJ) y se ajustó a los principios de la Declaración de Helsinki sobre el uso de participantes humanos para la investigación.

Diseño experimental

El presente estudio siguió un diseño transversal. Todos los participantes realizaron las evaluaciones de referencia dos semanas antes del CrossFit® Open 2020 (cinco entrenamientos durante 5 semanas) (octubre-noviembre de 2019). La Figura 1 muestra una ilustración esquemática de los pasos metodológicos del presente estudio.

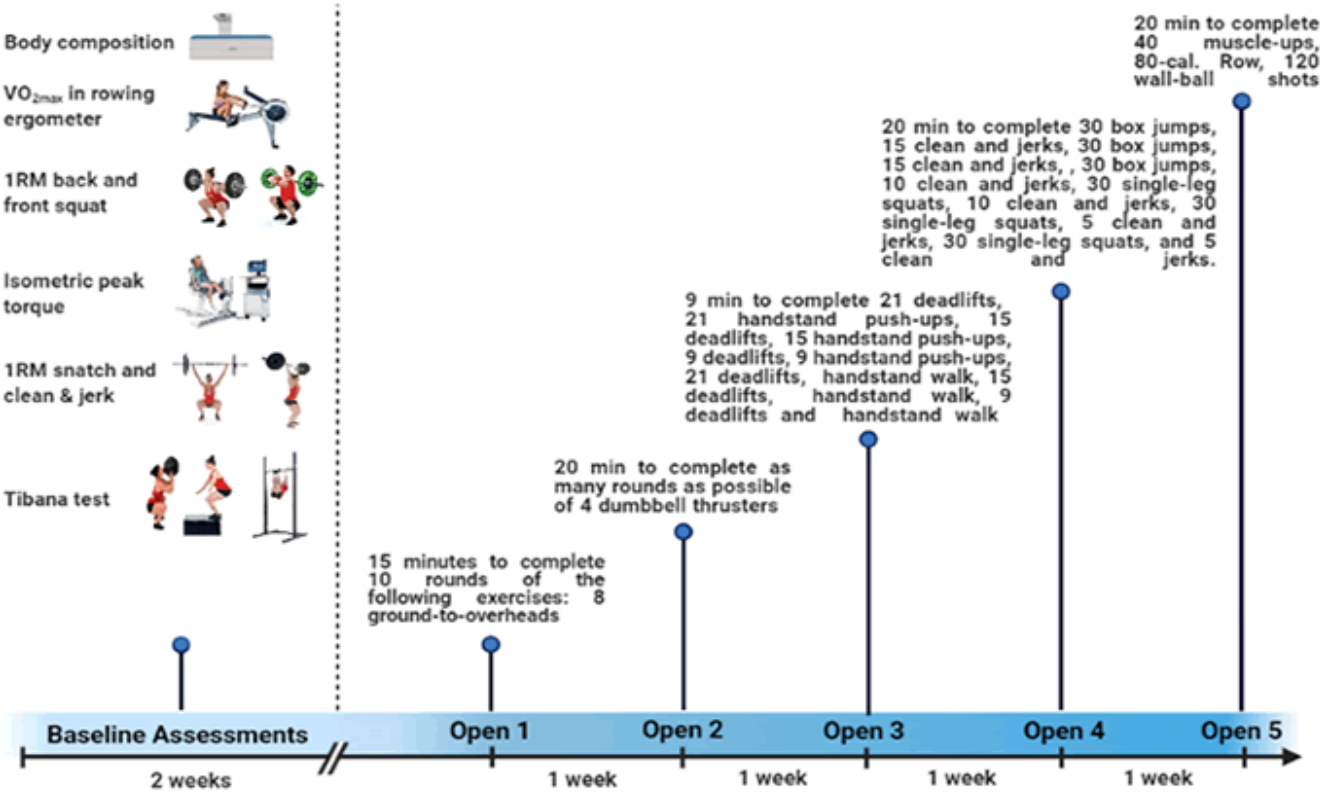

Figura 1. *Descripción del cronograma del estudio.*

Evaluaciones de referencia

Los participantes realizaron, en semanas separadas, composición corporal (absorciometría de rayos X de energía dual), consumo máximo de oxígeno (prueba de remo de 2 km), fuerza muscular (sentadilla trasera 1MR, sentadilla frontal 1MR y torque pico isométrico, Biodex System 3), y medidas de potencia muscular (1MR de arranque y 1MR de clean & jerk), así como una prueba específica de resistencia muscular (prueba de Tibana). Las evaluaciones de referencia se realizaron dos semanas antes del CrossFit® Open 2020.

Medidas antropométricas

Las mediciones antropométricas se realizaron por la mañana después de un ayuno nocturno, con los sujetos vistiendo ropa ligera y sin zapatillas. Los participantes fueron pesados en una balanza digital Filizola® (Curitiba, PR, Brasil; capacidad de 180 kg) al 0.1 kg más cercano. Cada sujeto se midió de acuerdo con los métodos estándar propuestos por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría [5].

Composición corporal

La evaluación de la composición corporal, incluido el porcentaje de grasa corporal y la masa libre de grasa, se realizó mediante absorciometría de rayos X de energía dual (General Electric-GE modelo 8548 BX1L, año 2005, tipo Lunar DPX, software Encore 2005; Rommelsdorf, Alemania) con un coeficiente de variación de 0.9 a 1.1%. Brevemente, los exámenes incluyeron una exploración corporal completa de los participantes en posición supina. El equipo fue regulado y conducido continuamente por un profesional de la salud técnicamente capacitado. Las piernas se aseguraron con correas no elásticas en las rodillas y los tobillos, y los brazos se alinearon a lo largo del tronco con las palmas hacia los muslos.

Consumo máximo de oxígeno

La prueba de remo de 2 km se realizó como fue descrito previamente por Jensen y cols. [6]. Todas las pruebas de ejercicio se realizaron en el mismo ergómetro de remo (modelo E; Concepto II, Morrisville, VT, EE. UU.). Los sujetos adaptaron individualmente su frecuencia de remada y el factor de resistencia preferidos en las pruebas y durante el protocolo de calentamiento. El calentamiento estandarizado para una prueba de tiempo de 2 km fue de 4 minutos de remo fácil; 4 x 1

min con 10, 15, 20 y 10 remadas fuertes por cada minuto; y 2 min de remo fácil. Después de un breve descanso mientras se montaba el equipo de captación de oxígeno, se realizó el recorrido en tiempo máximo de 2 km.

Antes y durante el período de prueba, los atletas fueron monitoreados por ECG (Electrocardiograma Digital, Micromed Brasil, São Paulo, SP, Brasil) para detectar posibles anomalías que imposibilitarían a los voluntarios continuar la prueba o el estudio. La frecuencia cardíaca (FC) se midió con un Polar H10 (Polar Electro Oy, Kemple, Finlandia). Los gases se analizaron con el dispositivo ERGOPc ELITE/Metasofit 3 (Brasilia, DF, Brasil). Los valores de VO2pico y de FC adoptados fueron los más altos alcanzados durante la prueba. Todos los procedimientos fueron seguidos por un cardiólogo.

Medidas de fuerza y potencia muscular

Los participantes realizaron un test de máxima repetición (1MR) para la sentadilla trasera, sentadilla frontal, arranque y clean & jerk, de acuerdo con los procedimientos recomendados por la Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento [7,8] con intervalos de descanso de 48 hs entre sesiones para minimizar efectos de fatiga y dolores musculares. Todas las pruebas aleatorias se realizaron con una barra (20/15 kg) y pesas (1-25 kg) (Pood Fitness®, Brasilia, DF, Brasil). El protocolo de la prueba consistió en un breve calentamiento general en bicicleta o en ergómetro de remo *indoor*, seguido de ocho repeticiones al 50% de 1MR estimada (según las cargas anteriores utilizadas por los miembros en sus rutinas de ejercicios de entrenamiento). Después de un descanso de 1 minuto, realizaron tres repeticiones al 70% de 1MR estimada. Luego, los participantes completaron de tres a cinco intentos con intervalos de descanso de 3 a 5 minutos entre cada intento, con pesos progresivamente más pesados hasta que se estableció 1MR. Todas las sesiones de prueba se llevaron a cabo entre las 2 p.m. y 3 p.m. después del almuerzo y bajo una temperatura estandarizada controlada (25°C). Durante este período de ejercicio, un investigador calificado y experimentado proporcionaba instrucciones estándar con respecto a los procedimientos de los protocolos de prueba y la ejecución adecuada de la técnica del ejercicio.

Fuerza isométrica

Los sujetos estaban sentados en una silla de extensión de rodillas que permitió la evaluación de la fuerza isométrica. Los sujetos fueron inmovilizados en la silla con correas aseguradas alrededor de su pecho, abdomen y caderas. Sus brazos permanecieron cruzados durante la prueba. Se realizaron tres contracciones isométricas máximas de extensión de rodilla en el dinamómetro isocinético (Biodex System 3, Biodex Medical Systems, Shirley, NY, EEUU). La articulación de la rodilla se fijó a 60° para realizar la contracción isométrica durante un período de 5 seg, con el sujeto sentado y las caderas fijadas en un ángulo de 90º [9]. Se proporcionó un período de recuperación de 3 minutos entre las contracciones isométricas. El valor más alto se consideró como el torque isométrico máximo [9].

Resistencia muscular local

La prueba de resistencia muscular local aplicada fue la prueba de Tibana, que incluyó la conclusión de cuatro rondas de trabajo distintas, cada una separada por 2 min de descanso (Figura 2). Específicamente, las rondas involucraron 4 min de tantas rondas como sea posible (AMRAP) de cinco thrusters (60 kg para hombres y 43 kg para mujeres) y 10 saltos de caja (ronda 1); 4 min de AMRAP de 10 power clean (60 kg para hombres y 43 kg para mujeres) y 20 pull-ups (ronda 2); 4 min de AMRAP de 15 hombros a arriba (60 kg para hombres y 43 kg para mujeres) y 30 punta de los pies a la barra (ronda 3); y 4 min de AMRAP de 20 calorías de remo y 40 wall-ball (9 kg para hombres y 6 kg para mujeres) (ronda 4) [10,11].

CrossFit® Open 2020

Los detalles específicos de los cinco entrenamientos del día (WOD) utilizados en este estudio, conocidos como 20.1, 20.2, 20.3, 20.4 y 20.5, se explican brevemente a continuación:
20.1: Los participantes tenían 15 minutos para completar 10 rondas de los siguientes ejercicios: 8 ejercicios desde el suelo hacia arriba (hombres de 43 kg; mujeres de 29.5 kg) y 10 burpees frente a la barra.
20.2: Los participantes tenían 20 minutos para completar la mayor cantidad posible de rondas de 4 thrusters con mancuernas (22,5 kg para hombres y 16 kg para mujeres, mancuernas), 6 punta de los pies a la barra y 24 dobles.
20.3: Los participantes tenáin 9 minutos para completar 21 peso muerto, 102/70 kg, 21 push-ups de manos 15 peso muerto, 102/70 kg, 15 push-ups de manos, 9 peso muerto, 102/70 kg, 9 push-ups de manos, 21 peso muerto , 143/93 kg, 15 m de marcha con invertida de manos, 15 peso muerto, 143/93 kg, 15 m de marcha invertida manos, 9 peso muerto, 143/93 kg y 15 m de marcha invertida de manos.
20.4: Los participantes tenían 20 minutos para completar 30 saltos de caja, 60/50 cm, 15 clean & jerks, 43/29.5 kg, 30 saltos de caja, 60/50 cm, 15 clean & jerks, 61/39 kg, 30 saltos de caja , 60/50 cm, 10 clean & jerks, 84/52 kg, 30 sentadillas a una pierna, 10 clean & jerks, 102/66 kg, 30 sentadillas a una pierna, 5 clean & jerks, 125/80 kg, 30 sentadillas a una piernas, y 5 clean & jerks, 143/93 kg.
20.5: Los participantes tenían 20 minutos para completar 40 muscle-ups, remo 80 calorias, 120 tiros de pelota contra la pared, (pelota de 9 kg a 3 m/pelota de 6 kg a 2.75 m).

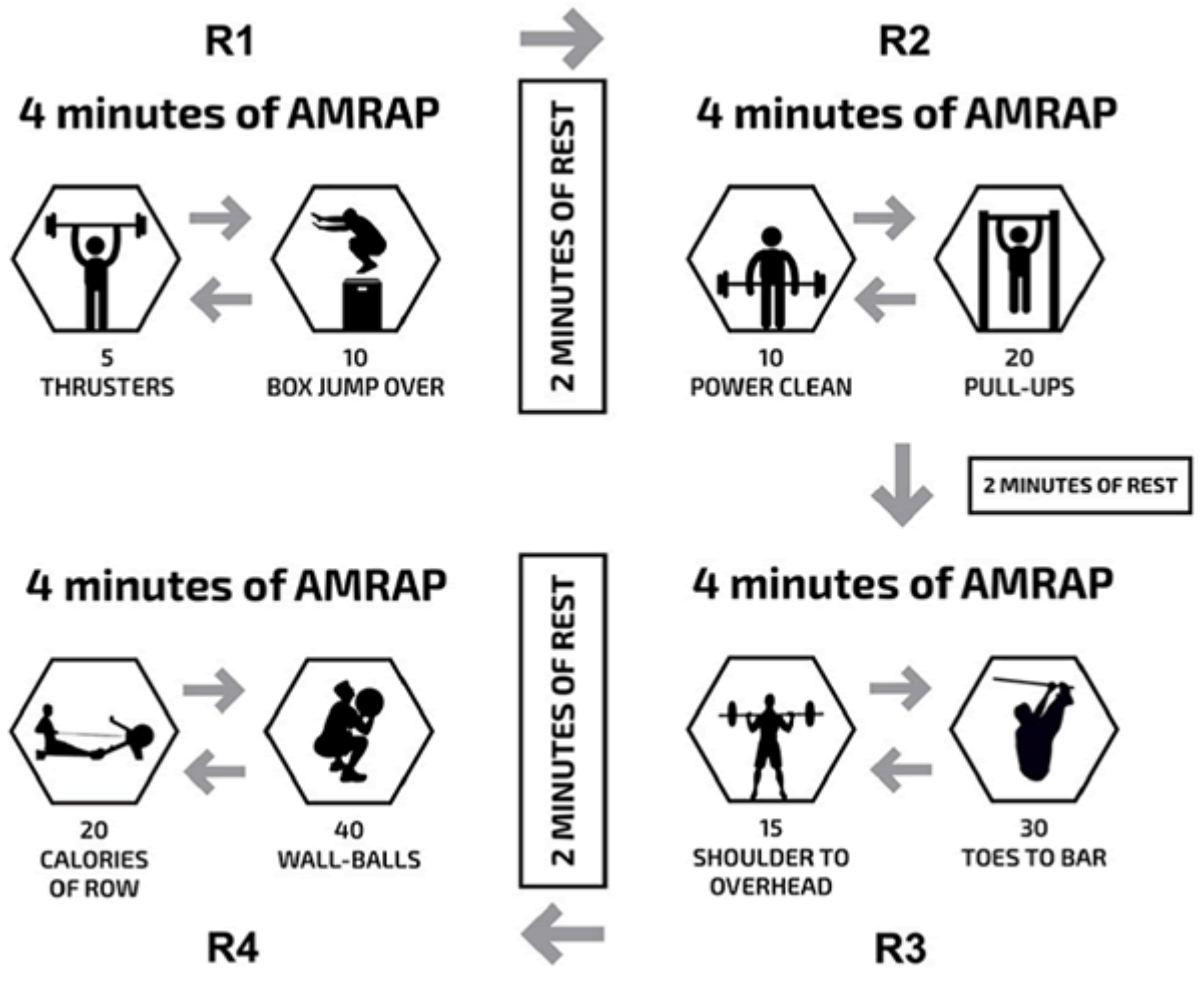

Figura 2. *Descripción de la prueba de resistencia muscular local (prueba de Tibana): 4 min de tantas rondas posibles (AMRAP) de cinco thrusters y 10 saltos de caja (ronda 1); 2 min de reposo; 4 min de AMRAP de 10 power clean y 20 pull-ups (ronda 2); 2 min de reposo; 4 min de AMRAP de 15 hombros a la cabeza y 30 punta de los pies a la barra (ronda 3); 2 min de reposo; y 4 min de AMRAP de 20 calorías de remo, y 40 wall-ball (ronda 4).*

Análisis estadístico

Los resultados se expresan como valor medio desviación estándar (±SD). Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la distribución paramétrica de las variables dependientes del estudio. Se utilizaron correlaciones simples *r* de Pearson para determinar las asociaciones entre los resultados de los puntos de referencia del CrossFit® Open 2020 y las medidas antropométricas, de fuerza, cardiorrespiratorias y de rendimiento. La magnitud de las correlaciones se clasificó como: $r \leq 0.1$ trivial; $0.1 < r \leq 0.3$ pequeño; $0.3 < r \leq 0.5$ moderado; $0.5 < r \leq 0.7$ grande; $0.7 < r \leq 0.9$ muy grande; $r > 0.9$ casi perfecto [12]. El nivel de significancia fue $p \leq 0.05$ y se utilizó el software SPSS versión 20.0 (Somers, NY, EE. UU.).

RESULTADOS

Presentación de datos antropométricos, de fuerza, cardiorrespiratorios y de rendimiento

Las medidas antropométricas y cardiorrespiratorias se muestran en la Tabla 1 y las medidas de fuerza se muestran en la Tabla 2. Los participantes lograron 252.3±31.7 repeticiones (hombres) y 257.7±36.0 repeticiones (mujeres) durante la prueba de Tibana.

Tabla 1. *Media ± SD de las medidas antropométricas y cardiorrespiratorias de los participantes.*

Variables	Men (n = 11)	Women (n = 6)
Age, years	26.6 ± 5.7	33.3 ± 8.1
Body weight, kg	77.0 ± 3.6	58.6 ± 4.2
Body fat, %	8.8 ± 5.0	17.1 ± 3.3
Lean mass, kg	69.5 ± 4.1	48.5 ± 2.9
VO_{2max}, mL·(kg·min)$^{-1}$	49.7 ± 4.6	45.9 ± 2.1

VO_{2max}, maximal oxygen consumption.

Tabla 2. *Media ±SD de las medidas de fuerza de los participantes.*

Variables	Men (n = 11)	Women (n = 6)
Back squat, kg	145.5 ± 23.2	100.0 ± 13.7
Back squat, relative to body weight	1.9 ± 0.3	1.7 ± 0.3
Front squat, kg	129.5 ± 17.0	85.0 ± 14.5
Front squat, relative to body weight	1.7 ± 0.3	1.5 ± 0.3
Snatch, kg	91.3 ± 13.0	50.5 ± 14.0
Snatch, relative to body weight	1.2 ± 0.2	0.9 ± 0.2
Clean and jerk, kg	110.6 ± 17.0	67.7 ± 13.9
Clean and jerk, relative to body weight	1.4 ± 0.3	1.2 ± 0.2
Total strength, kg	476.9 ± 67.1	303.2 ± 49.5
Total strength, relative to body weight	6.2 ± 1.0	5.2 ± 0.9
Isometric torque, N·m	303.6 ± 25.5	202.6 ± 30.6
Isometric torque, relative to body weight	4.0 ± 0.4	3.5 ± 0.6

Datos y correlaciones del CrossFit® Open 2020

Hubo una correlación estadísticamente significativa entre la edad y el CrossFit® Open 2020.1 ($r = 0.95$; $p < 0.01$), el CrossFit® Open 2020.2 ($r = -0.98$; $p < 0.01$) y el CrossFit® Open 2020.4 ($r = -0.85$; $p = 0.03$) para las mujeres. No se observaron correlaciones entre la edad y los puntos de referencia del CrossFit® Open 2020 para los hombres. Las pruebas específicas de resistencia muscular localizada y de fuerza muscular tuvieron la relación más fuerte con el rendimiento en el CrossFit® Open 2020. No hubo asociaciones significativas entre las medidas antropométricas y el CrossFit® Open 2020 para hombres o mujeres.

Las correlaciones entre los puntos de referencia del CrossFit® Open 2020 y las medidas de fuerza, las medidas cardiorrespiratorias y de rendimiento para hombres se muestran en la Tabla 3. El CrossFit® Open 2020.1 y el CrossFit® Open 2020.5 sólo se correlacionaron con la puntuación de la prueba de Tibana (correlación negativa muy grande). Hubo una correlación estadísticamente significativa entre las puntuaciones de las pruebas de Tibana y los valores del Clean & Jerk con el CrossFit® Open 2020.2 (correlación positiva muy grande) y entre las puntuaciones de las pruebas de Tibana, los valores de FS, C&J y TS con el CrossFit® Open 2020.3 (correlación positiva muy grande). Por último, sólo las medidas de fuerza presentaron una correlación estadísticamente significativa con el CrossFit® Open 2020.4 (correlación positiva muy grande y casi perfecta).

Tabla 3. *Correlaciones entre los puntos de referencia del CrossFit® Open 2020 y las medidas de fuerza, las medidas cardiorrespiratorias y de rendimiento en hombres (n = 11).*

Variables	2020.1	2020.2	2020.3	2020.4	2020.5
VO_{2max}, mL·(kg·min)$^{-1}$	$r = -0.54$; $p = 0.09$	$r = 0.16$; $p = 0.66$	$r = -0.19$; $p = 0.62$	$r = 0.06$; $p = 0.85$	$r = -0.30$; $p = 0.39$
BS, kg	$r = -0.28$; $p = 0.40$	$r = 0.36$; $p = 0.31$	$r = 0.59$; $p = 0.09$	$r = 0.79$; $p < 0.01$ *	$r = -0.37$; $p = 0.26$
BS, rbw	$r = -0.31$; $p = 0.36$	$r = 0.39$; $p = 0.27$	$r = 0.62$; $p = 0.08$	$r = 0.81$; $p < 0.01$ *	$r = -0.40$; $p = 0.25$
FS, kg	$r = -0.31$; $p = 0.35$	$r = 0.50$; $p = 0.14$	$r = 0.72$; $p = 0.03$ *	$r = 0.82$; $p < 0.01$ *	$r = -0.46$; $p = 0.19$
FS, rbw	$r = -0.33$; $p = 0.32$	$r = 0.51$; $p = 0.14$	$r = 0.72$; $p = 0.03$ *	$r = 0.85$; $p < 0.01$ *	$r = -0.48$; $p = 0.16$
Snatch, kg	$r = -0.43$; $p = 0.19$	$r = 0.47$; $p = 0.17$	$r = 0.60$; $p = 0.09$	$r = 0.78$; $p = 0.01$ *	$r = -0.55$; $p = 0.10$
Snatch, rbw	$r = -0.43$; $p = 0.19$	$r = 0.48$; $p = 0.16$	$r = 0.62$; $p = 0.08$	$r = 0.81$; $p < 0.01$ *	$r = -0.56$; $p = 0.09$
C&J, kg	$r = -0.50$; $p = 0.12$	$r = 0.77$; $p = 0.01$ *	$r = 0.87$; $p < 0.01$ *	$r = 0.90$; $p < 0.01$ *	$r = -0.61$; $p = 0.06$
C&J, rbw	$r = -0.49$; $p = 0.13$	$r = 0.75$; $p = 0.01$ *	$r = 0.86$; $p < 0.01$ *	$r = 0.92$; $p < 0.01$ *	$r = -0.61$; $p = 0.06$
TS, kg	$r = -0.39$; $p = 0.24$	$r = 0.54$; $p = 0.11$	$r = 0.72$; $p = 0.03$ *	$r = 0.86$; $p < 0.01$ *	$r = -0.50$; $p = 0.14$
TS, rbw	$r = -0.39$; $p = 0.23$	$r = 0.54$; $p = 0.11$	$r = 0.72$; $p = 0.02$ *	$r = 0.88$; $p < 0.01$ *	$r = -0.51$; $p = 0.13$
IT, N.m	$r = 0.20$; $p = 0.56$	$r = -0.56$; $p = 0.09$	$r = -0.58$; $p = 0.10$	$r = -0.25$; $p = 0.46$	$r = -0.03$; $p = 0.94$
IT, rbw	$r = 0.06$; $p = 0.86$	$r = -0.34$; $p = 0.33$	$r = -0.26$; $p = 0.50$	$r = 0.04$; $p = 0.92$	$r = -0.23$; $p = 0.52$
Tibana test, rep	$r = -0.73$; $p = 0.01$ *	$r = 0.83$; $p < 0.01$ *	$r = 0.74$; $p = 0.02$ *	$r = 0.51$; $p = 0.11$	$r = -0.89$; $p < 0.01$ *

VO_{2max}, maximal oxygen consumption; BS, back squat; FS, front squat; C&J, clean and jerk; TS, total strength; IT, isometric torque; rbw, relative to body weight; * $p < 0.05$.

Las correlaciones entre los puntos de referencia del CrossFit® Open 2020 y las medidas de fuerza, las medidas cardiorrespiratorias y de rendimiento para mujeres se muestran en la Tabla 4. El CrossFit® Open 2020.1 se correlacionó con los valores de puntuación, arranque y C&J de la prueba de Tibana (correlación negativa muy grande). Hubo una correlación estadísticamente significativa entre las puntuaciones de las pruebas de Tibana, el VO2máx, los valores de arranque y del C&J con el CrossFit® Open 2020.2 (correlación positiva muy grande), entre los valores de FS, C&J y TS con el CrossFit® Open 2020.3 (positivo muy grande y casi perfecta correlación), y entre las puntuaciones de las pruebas de Tibana, los valores de FS, snatch, C&J y TS con el CrossFit® Open 2020.4 (correlación positiva muy grande y casi perfecta). Por último, sólo los ejercicios FS y TS presentaron una correlación estadísticamente significativa con el CrossFit® Open 2020.5 (correlación negativa muy grande y casi perfecta).

Tabla 4. *Correlaciones entre los puntos de referencia del CrossFit® Open 2020 y las medidas de fuerza, medidas cardiorrespiratorias y de rendimiento en mujeres (n = 6).*

Variables	2020.1	2020.2	2020.3	2020.4	2020.5
VO_{2max}, mL·(kg·min)$^{-1}$	$r = -0.88$; $p = 0.05$	$r = -0.88$; $p = 0.05$ *	$r = -0.62$; $p = 0.26$	$r = -0.81$; $p = 0.10$	$r = 0.67$; $p = 0.33$
BS, kg	$r = -0.32$; $p = 0.54$	$r = 0.20$; $p = 0.71$	$r = 0.54$; $p = 0.27$	$r = 0.52$; $p = 0.30$	$r = -0.84$; $p = 0.17$
BS, rbw	$r = -0.20$; $p = 0.71$	$r = 0.12$; $p = 0.83$	$r = 0.62$; $p = 0.19$	$r = 0.35$; $p = 0.50$	$r = -0.89$; $p = 0.11$
FS, kg	$r = -0.66$; $p = 0.16$	$r = 0.59$; $p = 0.22$	$r = 0.82$; $p = 0.05$ *	$r = 0.81$; $p = 0.05$ *	$r = -0.95$; $p = 0.05$ *
FS, rbw	$r = -0.57$; $p = 0.24$	$r = 0.52$; $p = 0.29$	$r = 0.90$; $p = 0.02$ *	$r = 0.69$; $p = 0.13$	$r = -0.92$; $p = 0.08$
Snatch, kg	$r = -0.90$; $p = 0.02$ *	$r = 0.90$; $p = 0.01$ *	$r = 0.75$; $p = 0.09$	$r = 0.91$; $p = 0.01$ *	$r = -0.88$; $p = 0.12$
Snatch, rbw	$r = -0.90$; $p = 0.02$ *	$r = 0.92$; $p = 0.01$ *	$r = 0.85$; $p = 0.03$ *	$r = 0.89$; $p = 0.02$ *	$r = -0.81$; $p = 0.19$
C&J, kg	$r = -0.89$; $p = 0.02$ *	$r = 0.86$; $p = 0.03$ *	$r = 0.72$; $p = 0.11$	$r = 0.93$; $p = 0.01$ *	$r = -0.94$; $p = 0.06$
C&J, rbw	$r = -0.90$; $p = 0.01$ *	$r = 0.89$; $p = 0.02$ *	$r = 0.89$; $p = 0.02$ *	$r = 0.92$; $p = 0.01$ *	$r = -0.87$; $p = 0.13$
TS, kg	$r = -0.78$; $p = 0.07$	$r = 0.72$; $p = 0.11$	$r = 0.80$; $p = 0.06$	$r = 0.90$; $p = 0.01$ *	$r = -0.96$; $p = 0.04$ *
TS, rbw	$r = -0.71$; $p = 0.11$	$r = 0.68$; $p = 0.14$	$r = 0.93$; $p = 0.01$ *	$r = 0.80$; $p = 0.06$	$r = -0.90$; $p = 0.10$
IT, N.m	$r = 0.13$; $p = 0.81$	$r = 0.09$; $p = 0.87$	$r = 0.13$; $p = 0.81$	$r = -0.39$; $p = 0.44$	$r = 0.66$; $p = 0.34$
IT, rbw	$r = 0.12$; $p = 0.82$	$r = 0.09$; $p = 0.87$	$r = 0.30$; $p = 0.56$	$r = -0.37$; $p = 0.57$	$r = 0.48$; $p = 0.52$
Tibana test, rep	$r = -0.96$; $p < 0.01$ *	$r = 0.98$; $p < 0.01$ *	$r = 0.71$; $p = 0.11$	$r = 0.84$; $p = 0.04$ *	$r = -0.63$; $p = 0.38$

VO_{2max}, maximal oxygen consumption; BS, back squat; FS, front squat; C&J, clean and jerk; TS, total strength; IT, isometric torque; rbw, relative to body weight; * $p < 0.05$.

Discusión

Este estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre medidas antropométricas, capacidad cardiorrespiratoria y las variables de fuerza, potencia y una prueba específica de resistencia muscular con rendimiento en el CrossFit® Open 2020. Confirmando la hipótesis inicial, pruebas específicas de resistencia muscular localizada y de la fuerza muscular tuvieron la relación más fuerte con el rendimiento en el CrossFit® Open 2020. Por otro lado, contrariamente a estudios anteriores, el porcentaje de grasa corporal [2] y la capacidad cardiorrespiratoria [3] no se correlacionaron significativamente con el rendimiento del entrenamiento del CrossFit® Open 2020.

La resistencia muscular local tuvo una fuerte relación con el rendimiento deportivo en el CrossFit® open 2020, lo que podría estar relacionado con las especificidades de las pruebas utilizadas en el estudio actual. La prueba de Tibana consiste en una variedad de ejercicios y movimientos que ejercen mayor estrés en los componentes gimnásticos (dominadas y punta de los pies a la barra) y ejercicios de fuerza (thruster, clean, hombro hacia arriba y wall-ball), que son requisitos para casi todos los esfuerzos atléticos y componentes del acondicionamiento físico involucrados en el CrossFit. Los datos actuales refuerzan el uso de la prueba de Tibana u otra prueba específica como herramienta clave para el seguimiento del rendimiento físico de los practicantes del entrenamiento físico funcional.

En una revisión anterior, Suchomel y cols. [13] explicaron los posibles beneficios de la fuerza muscular sobre el rendimiento deportivo. Está bien establecido que una mayor fuerza muscular se asocia con características mejoradas de la relación fuerza-tiempo, incluida la tasa de desarrollo de la fuerza, la potencia mecánica externa y la magnitud de la potenciación, además del rendimiento general de habilidades, como saltos, carreras de velocidad y cambios de dirección [13]. Estas adaptaciones pueden aclarar por qué la fuerza muscular total relativa puede tener una gran influencia en la mejora del rendimiento general de un individuo durante los entrenamientos de CrossFit®. Además, en algunos entrenamientos de CrossFit Open hay pruebas con características de fuerza que pueden ser ventajosas para los atletas más fuertes.

Una característica importante en relación con los WODs abiertos de CrossFit es que pueden variar en términos de intensidad, duración y habilidades, así como de demandas fisiológicas. Por ejemplo, en los entrenamientos en los que la fuerza muscular total estaba más relacionada con el rendimiento (20.3 y 20.4), los ejercicios (peso muerto y clean & jerk) incluían características de alta carga. Por otro lado, en los demás entrenamientos, las características más comunes fueron la gran cantidad de repeticiones con un componente gimnástico y ejercicios de fuerza más ligeros. Por lo tanto, parece que las correlaciones en relación con la resistencia muscular localizada, el fitness cardiovascular, el perfil antropométrico y la fuerza y la potencia muscular con los WODs del CrossFit® Open, dependen en gran medida de sus características y que la realización de pruebas individuales como se realizó en estudios previos puede no ser suficiente para reflejar el perfil atlético de los voluntarios. Una alternativa eficaz para los atletas y entrenadores puede ser el modelo de evaluación integral de los atletas [14].

La evidencia acumulada sugiere que una menor grasa corporal también puede tener un efecto beneficioso sobre los componentes relevantes del fitness, como la resistencia, la fuerza, la potencia, la velocidad, el equilibrio y la agilidad [15,16]. La razón detrás de esto es que el peso adicional crea más resistencia durante el ejercicio y, en consecuencia, el individuo necesita trabajar más para mantener un cierto nivel de rendimiento. Por otro lado, el individuo puede tener un porcentaje de grasa corporal bajo, pero mostrar niveles de fuerza bajos [17]. Un hallazgo interesante del estudio actual es que los atletas amateurs mostraron un porcentaje de grasa corporal aceptable (hombres 8.8±5.0; mujeres 17.1±3.3%). Posiblemente, el rendimiento deportivo se ve más afectado por un porcentaje excesivo de grasa corporal, como se demostró en estudios previos [18,19,20].

Uno de los aspectos esenciales de la aplicación práctica de la presente investigación es resaltar que los organizadores de las competencias presenciales y online deben saber organizar los entrenamientos para que realmente contemplen las diferentes demandas físicas. Por ejemplo, si una competición tiene una gran cantidad de eventos con altas sobrecargas, favorecerá a los deportistas más fuertes. Por lo tanto, las competiciones pueden no atraer a los atletas con el mejor acondicionamiento físico, sino sólo a los atletas más fuertes. Nuestros hallazgos ayudarán a los entrenadores, fisiólogos del ejercicio y practicantes a evaluar su estado actual de entrenamiento y dirigir el entrenamiento para futuras competiciones. Por ejemplo, si la resistencia muscular local es muy inferior a los valores de los deportistas competitivos de la modalidad, el entrenamiento puede orientarse a mejorar esta capacidad física y a mantener las demás capacidades (fuerza, potencia y cardiovascular).

A pesar de los interesantes hallazgos de este estudio, es necesario mencionar algunas limitaciones. Primero, los hallazgos se limitan a una muestra relativamente pequeña (n = 17) de conveniencia, nuestras características específicas de atletas aficionados y el marco de tiempo. En segundo lugar, la prueba específica (de Tibana) no incluye todos los ejercicios de gimnasia (por ej., Muscle-ups con anillas y barras, escalada en cuerda, pistolas, etc.), levantamiento de pesas (por ej., Arranque) y ejercicios de levantamiento de pesas (por ej., Peso muerto) que se realizan habitualmente en el CrossFit® Open. En tercer lugar, debe tenerse en cuenta que estos resultados deben considerarse sólo para atletas aficionados de una región y competencia específicas. Por lo tanto, nuestros hallazgos pueden no ser directamente transferibles a atletas de élite u otras experiencias, lo que afecta la generalización y extrapolación de los hallazgos obtenidos. Finalmente, la naturaleza transversal de este estudio impide la capacidad de identificar cualquier relación causal entre las variables del estudio y los resultados.

Conclusiones

En conclusión, informamos por primera vez que una prueba de resistencia muscular específica y la fuerza tuvieron una fuerte relación con el rendimiento del entrenamiento del CrossFit® Open. En contraste con nuestra hipótesis, no observamos ninguna correlación entre el perfil antropométrico y la capacidad cardiorrespiratoria con el rendimiento del CrossFit® Open.

Desde una perspectiva práctica, los entrenadores y profesionales pueden utilizar estos hallazgos para evaluar la condición física y organizar la distribución de la sesión de entrenamiento en función de las necesidades físicas menos desarrolladas, con el fin de garantizar una adaptación fisiológica adecuada para una competencia determinada. En estudios futuros, el enfoque debería estar en la investigación de muestras más grandes, diferentes niveles de entrenamiento y un modelo de evaluación integral de los atletas.

Financiamiento
Esta investigación no recibió financiación externa.

Expresiones de gratitud
Agradecemos a todos los voluntarios por su participación.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original. (Local Muscle Endurance and Strength Had Strong Relationship with CrossFit® Open 2020 in Amateur Athletes). https://doiorg/10.3390/sports9070098.