

Article

Efectos del Entrenamiento de CrossFit™ a Corto Plazo: un Enfoque Basado en la Magnitud

Nicholas Drake¹, Joshua Smeed², Michael J. Carper³ y Derek A. Crawford¹¹Laboratorio de Investigación del Ejercicio Rehabilitador, Universidad Estatal de Pittsburg, Pittsburg, KS, EEUU²Departamento de Terapia Física, Universidad Rockhurst, Kansas City, MO, EEUU³Laboratorio de Fisiología Aplicada, Universidad Estatal de Pittsburg, Pittsburg, KS, EEUU.

RESUMEN

Drake N, Smeed J, Carper MJ, Crawford DA. Efectos del Entrenamiento de CrossFit™ a Corto Plazo: un Enfoque Basado en la Magnitud. JEPonline 2017;20(2):111-133. El propósito de este estudio fue examinar la magnitud y dirección de los efectos de la participación a corto plazo de CrossFit (CF) en las mediciones de salud y aptitud física. Seis participantes de sexo masculino completaron 4 semanas de entrenamiento de CF con los resultados evaluados antes y después de la intervención. Los métodos estadísticos consistieron en tests tradicionales de significancia y en la evaluación de inferencias basadas en magnitudes. Se observan efectos beneficiosos en la mayoría de los parámetros de salud y aptitud física evaluados. Sin embargo, con las perturbaciones negativas en el estado inflamatorio y el estado de ánimo en la ejecución, estos sujetos pueden haber llegado a un estado de exceso funcional. Con la intensidad del entrenamiento no monitoreada, la participación continua en el CF puede resultar en un individuo sobreentrenado. En el futuro, los estudios sobre CF deben investigar la utilidad del rendimiento mejorado del CF fuera del gimnasio y la integración de estrategias de monitoreo adecuadas para mejorar la recuperación y adaptación de los participantes, manteniendo al mismo tiempo la integridad de las filosofías de programación originales.

Palabras Clave: CrossFit™, Ejercicio, Alta Intensidad, Basado en la Magnitud

INTRODUCCIÓN

La inactividad física sigue siendo una de las mayores amenazas para la salud de la sociedad moderna, que causa casi 5,3 millones de muertes anuales en los Estados Unidos (36). Actualmente, aproximadamente el 5% de los adultos cumplen con las pautas federales para la actividad física (54). La falta de tiempo se cita a menudo como una razón para el incumplimiento en el logro de las actividades aeróbicas combinadas y el fortalecimiento muscular (es decir, el entrenamiento de resistencia) actualmente recomendado (23). CrossFit™ (CF) es un popular programa de entrenamiento de alta intensidad basado en grupos que consiste en componentes combinados aeróbicos y de entrenamiento de resistencia diseñados para aumentar la condición física general de manera eficiente en el tiempo (11). El marco de entrenamiento del CF típicamente sigue un ciclo de entrenamiento de 4 días (3 días de entrenamiento y 1 día de descanso), sin embargo también se proporciona un marco para la semana de trabajo convencional (5 días de entrenamiento y 2 días de descanso). Dentro de estos marcos hay tres elementos distintos que forman la base para cada sesión de entrenamiento: (a) ejercicio aeróbico mono-estructural (M); (b) levantamiento de pesas (L); y (c) ejercicios gimnásticos de peso corporal (G). Estos

elementos se combinan de una manera constantemente variada en cada sesión para formar tres diseños de sesión de entrenamiento únicos: (a) prioridad de elemento (PE); (b) prioridad de tarea (PT); y (c) prioridad de tiempo (PTm). Estos diseños de sesión se rotan a través de cada ciclo de entrenamiento para crear un estímulo de entrenamiento que no se centra únicamente en un componente de la aptitud física, sino que busca desarrollar la competencia en todos los aspectos de la aptitud física "a lo largo del tiempo y los dominios modales".

Hasta ahora, la bibliografía sobre el CF demuestra su eficacia para mejorar la composición corporal (15,42,48,51,52), la capacidad aeróbica y anaeróbica (42,51,57), la fuerza muscular (40,56), la flexibilidad (15, 57), y la potencia de las extremidades (6, 40). A pesar de estos resultados alentadores, hay poca o ninguna evidencia para mostrar la magnitud potencial de estos efectos. Para que el CF sea considerado una alternativa viable a las prescripciones tradicionales de ejercicio, deben determinarse tanto la magnitud como la dirección de sus efectos. Además, existen preocupaciones tanto en los medios populares (43) como en las comunidades académicas (13) sobre la seguridad de las prácticas de CF. Aunque investigaciones recientes sugieren que la tasa de lesiones en la participación de CF no es diferente a las actividades como el levantamiento de pesas olímpico y la gimnasia (22,41), la tenacidad de los oponentes del CF no ha disminuido. Sin embargo, con los estudios de casos recientes publicados que involucran traumas físicos significativos (17,31,37) relacionados con la participación del CF y condiciones como la rhabdomiólisis (35) posible con ejercicios de alta intensidad, se debe investigar la seguridad relativa de esta práctica. Con estas limitaciones en mente, el propósito del presente estudio fue examinar la magnitud y la dirección de los beneficios potenciales de salud y aptitud física asociados con el entrenamiento de CF. Simultáneamente, se examinaron los efectos de la participación del CF en los biomarcadores del daño músculo-esquelético, la inflamación sistémica y los cambios psicológicos asociados con la mala adaptación al entrenamiento (50). Anticipamos el entrenamiento a corto plazo de CF para mostrar efectos beneficiosos de pequeños a moderados en componentes de salud y aptitud física sin afectar significativamente el daño músculo-esquelético, la inflamación sistémica o el estado psicológico.

MÉTODOS

Sujetos

Los sujetos fueron reclutados por medio de solicitud de correo electrónico, contacto directo, y volantes colocados en el centro de recreación universitario. Las personas interesadas fueron examinadas antes de una invitación a una sesión de información del estudio realizada por el equipo de investigación. Se consideró que los participantes eran elegibles si: (a) estaban entre las edades de 18 y 35 años; (b) hablaban inglés; y (c) eran recreativamente activos al menos 2 d·sem⁻¹ durante ~1 hr·d⁻¹. Los participantes fueron considerados inelegibles si: (a) tenían condiciones físicas significativas que les impidieran participar en actividad física vigorosa; (b) habían participado en el entrenamiento de CF en los 12 meses anteriores; (c) se clasificaban como obesos en estadio I, II o III; (d) habían sido diagnosticados con diabetes tipo 2; (e) habían sido diagnosticados con osteoporosis; (f) informaron el uso de medicamentos que pueden tener una influencia en la función cardiovascular; y (g) informaron el uso de suplementos nutricionales. Ocho participantes elegibles estuvieron presentes en la sesión de información del estudio en la que se les informó de los protocolos del estudio y proporcionaron su consentimiento por escrito de acuerdo con las directrices establecidas por la Junta de Revisión Institucional Universitaria. De los 8 participantes que fueron reclutados originalmente, uno no cumplió con los requisitos de elegibilidad al no revelar un historial de convulsiones durante el ejercicio intenso, y otro se retiró antes de la evaluación inicial por un motivo indocumentado. Todos los participantes elegibles restantes completaron todos los protocolos del estudio y las características de la muestra para estos 6 sujetos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificaciones de los Participantes del Estudio Basadas en el Rendimiento Inicial (N = 6)

| | Media ± DE | Fuerza Relativa | Clasificación | Rango de Percentil |
|---|-------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|
| Edad (años) | 25.0 ± 5.4 | - | - | - |
| Altura (cm) | 182.8 ± 8.6 | - | - | - |
| Peso (kg) | 84.3 ± 12.4 | - | - | - |
| Grasa Corporal (%) | 22.4 ± 4.7 | - | Riesgo Elevado | - |
| PAS (mm/Hg) | 130.5 ± 10.3 | - | Pre-hipertenso | - |
| PAD (mm/Hg) | 78.6 ± 8.0 | - | Normal | - |
| Fuerza Tren Superior (kg) | 100.7 ± 4.8 | 1.19 | - | 65 |
| Fuerza Tren Inferior (kg) | 121.9 ± 4.7 | 1.44 | Pobre | - |
| Capacidad Anaeróbica (seg) | 47.8 ± 4.3 | - | Encima de la Media | 85 |
| Capacidad Aeróbica (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | 52.9 ± 4.2 | - | Excelente | >90 |

Procedimientos

Diseño de la Investigación

Este estudio consistió en un diseño de investigación prospectivo de pre-post intervención en sujetos de la universidad basado en la muestra de 6 hombres recreativamente activos de 18 a 32 años de edad. La participación en el estudio consistió en 24 sesiones de recolección de datos y entrenamiento físico. La evaluación inicial se realizó la primera semana del estudio durante dos visitas al laboratorio. Los sujetos fueron instruidos para llegar a la primera visita después de un ayuno durante la noche. Su segunda visita fue 48 horas más tarde. Luego, los sujetos completaron 4 semanas de entrenamiento de CF. La evaluación posterior a la intervención comenzó inmediatamente después de la finalización de la intervención de ejercicio. Todos los sujetos fueron instruidos para llegar al laboratorio para la primera visita, nuevamente en estado de ayuno durante la noche, e informarse de la segunda visita 48 horas más tarde. El tiempo total requerido para participar en el estudio fue de 6 semanas.

Evaluaciones Iniciales

Antropometría y Composición Corporal

Durante la primera visita, la antropometría (altura y peso) de los sujetos fue recolectada por un investigador capacitado utilizando un estadiómetro y una balanza digital (Tanita TBF-410, Tokio, Japón). Todas las medidas se registraron lo más cercano a 0,1 kg y 0,1 cm. La composición corporal se midió mediante absorciometría de rayos x de doble energía (DXA, Discovery A QDR, Hologic Inc., Marlborough, MA). La DXA (por sus siglas en inglés) se valida para evaluar el porcentaje de grasa corporal (GC%), la masa libre de grasa (MLG), la masa grasa (MG) y la densidad mineral ósea (DMO) en una variedad de poblaciones (29). Las variables recogidas para la evaluación de la pre-post intervención fueron GC%, MLG, MG y DMO.

Función Cardiovascular

Durante la primera visita, después de completar el historial de salud, la actividad física, los cuestionarios psicológicos y el consentimiento informado, se pidió a los sujetos que se colocaran un monitor de frecuencia cardiaca (FC) en el tórax (Polar T31-Coded, Kempele, Finlandia) y se relajen en una posición sentada durante 10 min. Después de este período de descanso, se registró la FC en reposo de los sujetos, después de lo cual se registró la presión arterial en reposo (PA) usando un esfigmomanómetro manual por un investigador entrenado.

Evaluación de la Aptitud Física

Después del registro de la antropometría, la composición corporal y la función cardiovascular, se pidió a los sujetos que completen un test de ejercicio graduado máximo para evaluar la capacidad aeróbica. Los sujetos completaron el protocolo de la cinta caminadora de Bruce (7), mientras se recolectó el consumo de oxígeno en tiempo real vía evaluación directa con

un carro metabólico comercialmente disponible (Mini-CPX, VacuMed Inc., Ventura, CA). La frecuencia cardíaca (FC), la PA y los índices de esfuerzo percibido (IEP) (4) se determinaron durante los últimos 30 segundos de cada etapa graduada. La finalización del test se determinó cuando los sujetos alcanzaron el agotamiento voluntario. Se determinó el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) por el VO₂ promedio en ml·kg⁻¹·min⁻¹ durante los últimos 30 segundos de la etapa en la que se alcanzó el agotamiento voluntario.

Durante la segunda visita, se pidió a los sujetos que completaran las evaluaciones de la fuerza máxima del tren superior e inferior. El test del tren superior del cuerpo seleccionado fue el de una repetición máxima en press de banca (1RM Bench) mientras que el test del tren inferior del cuerpo fue una repetición máxima de sentadilla (1RM Squat). Ambas pruebas de fuerza se realizaron utilizando un protocolo estándar de una repetición (45). Después de estos tests, se les dio a los sujetos 15 minutos de descanso antes del siguiente test. Después de la pausa, los sujetos completaron el test anaeróbico en cinta caminadora (46) para evaluar la capacidad de trabajo anaeróbico.

El último componente de la aptitud física probado fue el parámetro definido por CF de "capacidad de trabajo". La capacidad de trabajo (CT), definida por los desarrolladores del CF, es la capacidad de realizar el trabajo mecánico máximo en un período de tiempo determinado a través del dominio temporal amplio y modal (11). La evaluación primaria para la CT en este estudio fue el "entrenamiento del día" (EDD) de CF conocido como "Fight Gone Bad" (FGB). Este EDD se utilizó como la principal medición de resultado de rendimiento basada en el CF para este estudio. En el FGB, los sujetos estaban obligados a completar tres rondas de tareas de ejercicio multi-modal. Los circuitos comenzaron realizando: (a) sentadilla completa con una Wall-ball de 20 libras (es decir, una pelota medicinal) en los hombros seguido de lanzarla a un objetivo de 10 pies (unidad de longitud) en una pared; (b) peso muerto sumo remo alto de 75 libras; (c) saltos al cajón de 20 pulgadas; (d) press de empuje de 75 libras; y (e) remo en un ergómetro para calorías (Modelo D PM3, Concepto 2, Morrisville, VT). Cada circuito se realizó durante 5 min (1 min en cada estación) con un descanso de 1 minuto entre cada ronda. Los sujetos trataron de completar el número máximo de repeticiones en cada estación durante cada ronda. El número de repeticiones completadas para todas las rondas se utilizó como puntaje de resultado, y el desempeño de los sujetos fue supervisado por un investigador calificado. Después de la fase de entrenamiento de 4 semanas del estudio, los sujetos se reunieron al comienzo de la semana siguiente para completar el rendimiento basado en el EDD de CF y el FGB por segunda vez.

Mediciones Bioquímicas

Para evaluar los marcadores basales del daño músculo-esquelético (creatina quinasa, CK) y la inflamación sistémica (proteína C reactiva, PCR), se tomaron y recogieron muestras de sangre completas durante la primera visita antes de la evaluación de la capacidad aeróbica. Se recogieron muestras de sangre en tubos heparinizados de 6 ml (Becton y Dickinson, Franklin Lakes, NJ) mediante venopunción antecubital, se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 10 min, se centrifugaron a 2000 rev·min⁻¹ durante 10 minutos y se dividieron en alícuotas en criotubos de 2 mL, y se almacenaron a -80°C para su posterior análisis. Todas las muestras de suero fueron analizadas por una agencia independiente externa, establecida (MagLab Inc., Pittsburg, KS).

Estado Psicológico

Los efectos sobre el estado psicológico se determinaron mediante la evaluación de cambios agudos en estados de ánimo (Profile of Mood States 2nd Edition, POMS2; MHS Inc.; North Tonowanda, NY) (32) pre y post intervención. La POMS2 ha sido rigurosamente probada psicométricamente con buena consistencia interna estimada (α de Cronbach = 0,78-0,96) y moderada fiabilidad en el test-retest ($r = 0,43 - 0,65$). Además, la POMS2 ha demostrado una validez discriminatoria entre aquellos que son poblaciones no clínicas y aquellos con ansiedad o depresión diagnosticada. Además, se ha documentado su validez convergente con otra herramienta validada (PANAS-X).

Estado Nutricional

Para cuantificar el estado nutricional, a los sujetos se les dio un registro dietario simple de 3 días (precisionnutrition.com). Se pidió a los sujetos que documentaran todos los alimentos o bebidas que consumieran entre sus primeras y segundas sesiones previas a la prueba. Este período de tiempo terminó siendo aproximadamente 60 horas por persona (2,5 días). Las distribuciones de grasas, proteínas y carbohidratos y el total de calorías consumidas durante este período de tiempo se dividieron en 2,5 para estimar la ingesta calórica diaria total y el perfil de macronutrientes.

Intervención de CF

Después de las pruebas iniciales, los sujetos completaron 4 semanas de entrenamiento de CF (5 días·sem⁻¹ siguiendo el esquema alternativo recomendado (11), ~1 hora cada sesión). Durante la primera semana de entrenamiento, todos los sujetos aprendieron y practicaron movimientos y ejercicios (p. ej., arranque y cargada de potencia) comunes al CF junto con un EDD condicionante (10 minutos máximo) para familiarizarlos con las prácticas de CF. Todas las sesiones de entrenamiento se llevaron a cabo en una instalación local de CF. Ellos fueron enseñados y supervisados por un entrenador

certificado en Nivel 1 de CF (autor JS). Durante cada sesión de entrenamiento los sujetos fueron instruidos para dar el máximo esfuerzo para cada intento del EDD. Originalmente, un objetivo secundario del estudio era investigar las diferencias entre la programación "tradicional" y la "real-world" del CF. Tras la familiarización, los sujetos fueron asignados al azar a la programación tradicional o real-world y la Tabla 2 muestra la programación post-familiarización para el grupo tradicional. El grupo del real-world completó la programación diseñada por un afiliado registrado de CF seleccionado al azar (*procedimientos de asignación al azar y programación de entrenamiento disponibles bajo petición*). No hay diferencias en los resultados del estudio entre los grupos y los datos que se agruparon en conjunto para los análisis en el presente estudio.

Tabla 2. Programación Tradicional de Intervención de CrossFit.

SEMANA 1

Día 1(M) - 5k remo

Día 2 (GL)- 5 RFT (rondas por tiempo)- 12 press de empuje/12 dominadas

Día 3 (MGL) – AMRAP (tantas repeticiones como sea posible) en 20 min: 50 double-unders (dos vueltas de sogas en un salto), 20 flexiones de brazos, 10 cargadas de potencia

Día 4 (MG) - 3 RFT 400 m carrera/25 saltos al cajón

Día 5 (L) – Peso muerto 5-5-5-5-5

SEMANA 2

Día 1 (G) - 20 min de práctica de dominadas

Día 2- (GM) - 4RFT 200 m carrera/ 8 cargadas de potencia + jerk

Día 3- (GLM) - AMRAP en 20- 6 HSPU (vertical con flexión), 12 peso muerto, 500m remo

Día 4- (GL) - 21-15-9 de Dominadas/ Thrusters (Sentadilla con envión)

Día 5- (M) - 5k Carrera

SEMANA 3

Día 1- (L) – Press de empuje 5-5-5-5-5

Día 2- (MG) - 4 RFT 400 m carrera/ 30 sentadillas libres

Día 3- (LMG) - AMRAP en 20- 5 thrusters, 10 dominadas, 15 double-unders

Día 4- (LM) - 10-8-6-4-2 Cargada de Potencia/Remo de calorías

Día 5- (G) - 20 min de vertical, HSPU, caminar en vertical etc.

Mediciones de la Sesión de Entrenamiento

Antes de cada sesión, se registraron FC, PA y dolor muscular percibido (escala de puntuación numérica del dolor, NPRS) (16). Inmediatamente después de la finalización del EDD diario, se evaluó la frecuencia cardiaca post-entrenamiento (FCE) usando el mismo monitor que en los procedimientos de prueba iniciales y también el IEP. También se registró la duración (min) de cada sujeto para completar los EDDs diarios.

Evaluaciones Post-Intervención

Durante la semana inmediatamente posterior a la finalización de la fase de entrenamiento del estudio, se requerían dos recolecciones de datos post-entrenamiento y dos sesiones de prueba. Cada sesión fue separada por 48 horas de las cuales se siguieron los protocolos exactos de las sesiones de la prueba inicial. Una vez finalizadas las dos sesiones, los sujetos fueron dados de alta del estudio. La duración total del estudio fue de 6 semanas desde la inscripción hasta la finalización.

Análisis Estadísticos

Se realizaron estadísticas descriptivas tradicionales, frecuencias y pruebas de normalidad para todas las variables antes del test de la hipótesis. Las diferencias entre las variables de la sesión de entrenamiento fueron comparadas usando un MANOVA unidireccional. Las asociaciones entre el IEP, el dolor y la carga de trabajo de la sesión de entrenamiento se evaluaron mediante las correlaciones r de Pearson. Todos los resultados principales de pre-prueba y post-prueba, incluyendo la demografía, las subescalas POMS, las mediciones fisiológicas y las variables de rendimiento se analizaron mediante t -tests de muestras apareadas. La CK sérica y la PCR se analizaron con una medida repetida MANOVA. Los efectos multivariantes significativos fueron seguidos por ANOVAs univariados separados. Todos los efectos univariantes significativos se siguieron con comparaciones *post hoc* utilizando ajustes con la diferencia menos significativa de Tukey. Todos los análisis se realizaron utilizando SPSS v. 21 (IBM, Armonk, New York). Se estableció un nivel alfa en $P \leq 0,05$ para la significancia estadística.

Dado que las pruebas de hipótesis nulas tradicionales no proporcionan información suficiente para tomar decisiones clínicas o prácticas sobre la eficacia de las intervenciones, para el presente estudio también aplicamos el uso de inferencias basadas en magnitudes (IBM) (3). Para evaluar la magnitud de los efectos observados en este estudio, seguimos las pautas propuestas por Durlak et al. (14) para informar de los procesos procesales asociados con la utilización de las IBM. Las estimaciones puntuales de los tamaños de los efectos (EP) se calcularon utilizando una versión modificada de la estimación del tamaño del efecto estandarizado de la d de Cohen (34). Esta versión modificada de la d de Cohen, conocida como la d_{rm} de Cohen, utiliza la diferencia media entre pre-y post-mediciones y explica las correlaciones potenciales en medias pre-post posibles en un diseño de investigación en sujetos, resultando en una estimación más conservadora del tamaño del efecto. La fórmula para el d_{rm} de Cohen es la siguiente:

$$\text{Cohen's } d_{rm} = \frac{M_{diff}}{\sqrt{SD_1^2 + SD_2^2 - 2 \times r \times SD_1 \times SD_2}} \times \sqrt{2(1 - r)}$$

Siguiendo el trabajo de Hopkins (26), el objetivo de la inferencia basada en la magnitud es estimar el valor real de la población del efecto y la probabilidad de que el verdadero valor del efecto signifique un cambio significativo, ya sea perjudicial o beneficioso, en la variable de resultado de interés. Se calcularon los intervalos de confianza del 95% (IC) para toda la EP del tamaño del efecto de resultado principal y se utilizaron para generar probabilidades de sustantividad para todos los efectos. La EP y el IC fueron evaluados frente a los umbrales establecidos por Cohen (10) para efectos pequeños (0,2), moderados (0,5) y grandes (0,8). El signo de la EP del tamaño del efecto (positivo o negativo) determinó si el efecto era beneficioso o nocivo. Las probabilidades de que un efecto sea trivial, beneficioso o nocivo se calcularon para cada posible umbral utilizando una hoja de cálculo creada por Hopkins (27). Si la probabilidad de que un efecto cumpla con un umbral de >75% se consideró que el efecto era *posible* de tener un efecto, >90% se consideró que el efecto era *probable* de tener un efecto, >95% se consideró que el efecto era *muy probable* de tener un efecto y el 100% se consideró que el efecto era *más probable* que tenga un efecto (3). Un efecto se consideró *no claro* si la probabilidad de que el valor de la población real del efecto fuera >5% para las tres categorías de sustantividad (es decir, beneficioso, trivial y perjudicial) (3).

RESULTADOS

Inferencias Basadas en Magnitudes

En la Tabla 3 se muestran todos los datos relevantes para realizar IBM, incluyendo coeficientes de correlación. Estos datos son necesarios para dar a conocer, ya que permiten la replicación exacta por otros investigadores. La Figura 1 presenta el gráfico para todos los efectos principales de la EP del tamaño del efecto y su IC del 95% asociado. La Tabla 4 contiene las probabilidades de sustantividad para cada umbral basado en magnitud.

Resultados de la Composición Corporal

No hubo diferencias significativas en los resultados asociados con la composición corporal de los sujetos pre y post intervención. El análisis de IBM revela que los efectos sobre MLG son desde *muy probable* a *más probable trivial* para todos los umbrales de magnitud (EP = 0,02; IC del 95% -0,09, 0,14). Los efectos sobre MG (EP = 0,13; IC del 95%: -0,05; 0,31) y GC% (EP = 0,15; IC del 95%: -0,02; 0,33) son *posiblemente triviales* con una probabilidad de beneficio pequeño de 18,4% y 25,1%, respectivamente. Los efectos sobre DMO (EP = 0,14; IC del 95%: -0,35, 0,63) *no son claros*, ya que hay una probabilidad del 38,3% de beneficio pequeño y del 6,8% de probabilidad de daño pequeño.

Tabla 3. Datos para la Estadística y las Inferencias Basadas en la Magnitud de los Sujetos

| | Media ± DE | | Dif Media ± DE | IC (95%) | Valor P | r de Pearson | d _m de Cohen |
|--|------------|------------|----------------|-------------|---------|--------------|-------------------------|
| | Pre | Post | | | | | |
| FC de reposo (lpm) | 70.1±9.6 | 68.6±6.6 | 1.5±7.3 | 6.2 a 9.2 | .640 | .645 | 0.17 |
| PA Sistólica (mm/Hg) | 130.5±10.3 | 132.6±6.8 | -2.1±9.4 | -12.0 a 7.7 | .599 | .453 | 0.23 |
| PA Diastólica (mm/Hg) | 78.6±8.0 | 82.6±8.7 | -4.0±5.6 | 9.8 a 1.8 | .142 | .777 | 0.47 |
| Fuerza Tren Superior (kg) | 100.7±10.8 | 99.2±13.9 | 1.4±5.1 | 3.9 a 6.8 | .513 | .944 | 0.09 |
| Fuerza Tren Inferior (kg) | 121.9±11.9 | 125.3±9.6 | -3.4±2.9 | -11.1 a 4.2 | .301 | .793 | 0.30 |
| Capacidad Anaeróbica (seg) | 47.8±10.9 | 49.0±14.6 | -1.1±7.2 | 8.8 a 6.4 | .711 | .878 | 0.07 |
| Capacidad Aeróbica (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | 52.9±9.5 | 50.4±8.8 | 2.4±3.6 | 1.3 a 6.3 | .157 | .923 | 0.26 |
| "Capacidad de Trabajo basada en CF" (reps) | 240.3±27.8 | 266.0±17.4 | -25.6±25.3 | -52.2 a 0.9 | .056 | .451 | 1.06 |
| Grasa Corporal (%) | 22.4±4.7 | 21.6±4.2 | 0.8±0.9 | -0.1 a 1.8 | .082 | .985 | 0.15 |
| Masa Magra (kg) | 62.3±6.4 | 62.5±6.4 | -0.1±0.7 | -0.9 a 0.6 | .678 | .993 | 0.02 |
| Masa Grasa (kg) | 19.3±6.1 | 18.4±5.5 | 0.9±1.2 | -0.3 a 2.1 | .126 | .984 | 0.13 |
| Densidad Mineral Ósea (g·cm ⁻³) | 1.18±0.07 | 1.19±0.05 | -0.01±0.03 | -0.05 a .02 | .498 | .889 | 0.14 |
| Trastorno Total del Estado de Ánimo | 40.1±5.1 | 43.0±6.6 | -2.8±4.8 | -7.9 a 2.2 | .211 | .692 | 0.46 |
| Ira-Hostilidad | 41.3±2.7 | 42.5±7.4 | -1.1±7.0 | -8.5 a 6.2 | .702 | .333 | 0.19 |
| Confusión-Perplejidad | 38.5±3.3 | 39.0±3.2 | -0.5±1.7 | -2.3 a 1.3 | .518 | .860 | 0.15 |
| Depresión-Desánimo | 41.6±1.0 | 42.0±1.6 | -0.3±0.8 | -1.1 a 0.3 | .363 | .926 | 0.16 |
| Fatiga-Inactividad | 38.0±8.8 | 39.1±7.3 | -0.6±6.5 | -7.5 a 0.8 | .813 | .689 | 0.07 |
| Tensión-Ansiedad | 36.8±2.1 | 40.8±6.6 | -4.0±5.0 | 9.3 a 1.3 | .111 | .814 | 0.48 |
| Vigor-Actividad | 47.5±5.0 | 42.3±6.8 | 5.1±5.1 | 0.2 a 10.6 | .059 | .661 | 0.82 |
| Amabilidad | 49.3±5.7 | 42.3±10.1 | 7.0±8.0 | 1.4 a 15.4 | .086 | .606 | 0.77 |

Resultados Cardiovasculares

Para todos los resultados cardiovasculares no hubo diferencias significativas con respecto al valor basal. Los efectos sobre la FC (EP = 0,17; IC del 95%: 0,71; 1,00) y la PA sistólica (PE = -0,23; IC del 95%: -0,50; 0,96) *no son claros* tanto para los pequeños (46,7% de beneficio, 16,4% daño para la FC; 17,1% de beneficio, 52,8% de daño para la PAS) como los moderados (18,9% de beneficio, 5,4% de daño para la FC, 6,8% de beneficio, 27,0% de daño para la PAS). Existe un *posible efecto perjudicial* pequeño sobre la PA diastólica (EP = -0,47; IC del 95%: 1,20; 0,22), con un 81,1% de probabilidad de daño. La probabilidad de efectos moderados, sin embargo, es *posiblemente trivial* con sólo un 42,7% de probabilidad de daño.

Resultados Basados en la Aptitud Física

Para todos los resultados relacionados con la aptitud física, no se observan diferencias significativas post-intervención en comparación con la evaluación inicial. El efecto sobre la fuerza de las extremidades superiores (EP = -0,09; IC del 95%: -0,42, 0,24) es *posiblemente trivial* con una probabilidad de 21,5% de daño pequeño. El efecto sobre la fuerza de las extremidades inferiores (EP = 0,30; IC del 95%: 0,37, 0,97) es *posiblemente beneficioso*, con un 65,3% de posibilidades de un beneficio pequeño. Los efectos sobre la capacidad anaeróbica (EP = 0,07; IC del 95%: -0,39, 0,53) *no son claros*, con un 24,9% de probabilidad de pequeño beneficio y un 9,5% de probabilidad de daño pequeño. El efecto sobre la capacidad aeróbica (EP = -0,26; IC del 95%: -0,66, 0,14) es *posiblemente dañino* con un 64,2% de probabilidad de daño pequeño. Los efectos en la "capacidad de trabajo" basada en el CF (EP = 1,06; IC del 95%: -0,04; 2,20) son *muy probablemente beneficiosos* para efectos pequeños (95% de probabilidad), *probablemente beneficiosos* para efectos moderados (87,6% de probabilidad) y *posiblemente beneficiosos* para grandes efectos (71,5% de probabilidad).

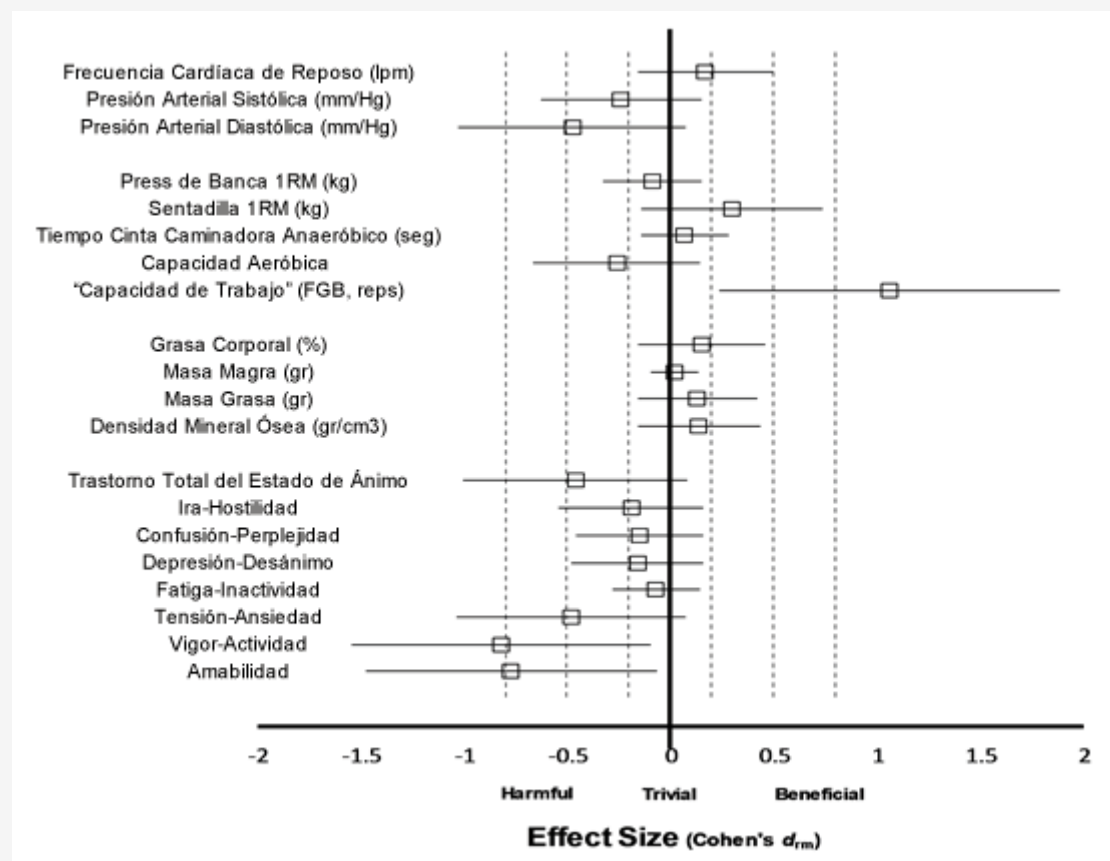


Figura 1. Estimaciones Puntuales del Tamaño del Efecto Poblacional e Intervalos de Confianza.

Resultados Psicológicos

Tanto para la TMD como para todas las subescalas relacionadas del POMS, no existen diferencias significativas. Si bien hay *posiblemente* pequeños efectos perjudiciales en la TMD general (EP = -0,46; IC del 95%: -1,3, 0,36), con una probabilidad del 77,3% de daño, hay variación en los efectos de las subescalas POMS. Efectos sobre la ira y la hostilidad (EP = -0,19; IC del 95%: -1,4, 1,0; 49,2% de daño, 22,5% de beneficio), la confusión-perplejidad (EP = -0,15; IC del 95%: -1,1, 0,8; 41,3% de daño, 8,3 % de beneficio) y la fatiga-inactividad (EP = -0,07; IC del 95%: -0,79, 0,65; 33,1% de daño, 19,0% de beneficio) *no son claras*, con *posibles pequeños efectos perjudiciales* sobre la tensión y la ansiedad (EP = -0,48; IC del 95%: -1,1, 0,16) con una probabilidad de 84,5% de daño. Tanto para vigor-actividad (EP = -0,82; IC del 95%: -1,7; 0,46) como para la amabilidad (EP = -0,77; IC del 95%: -1,7; 0,16), hay *probablemente* efectos pequeños perjudiciales, con 93,8% y 91,2% probabilidades de daño, respectivamente. Además, hay 80,7% y 75,6%, respectivamente, de efectos moderados *posiblemente perjudiciales* para estas subescalas. Además, incluso hay grandes efectos *posiblemente perjudiciales* para vigor-actividad (52,3% de probabilidad de daño).

Resultados del Biomarcador

Tanto para la CK sérica como para la PCR no existen diferencias significativas entre los puntos de tiempo. La **Figura 2** ilustra los cambios en el curso del tiempo en ambos biomarcadores a lo largo de la duración del estudio. El efecto sobre la PCR en suero (EP = -0,33; IC del 95%: -2,0, 1,3) *no es claro*, con >5% de probabilidad de daño y beneficio presente para todos los umbrales de magnitud. Para la CK en suero, hay efectos pequeños *posiblemente dañinos* (es decir, incrementos) después de la primera semana de entrenamiento (Pre a BW-2, EP = -0,33; IC del 95%: -2,0, 1,3). Desde el principio hasta el final de la segunda semana (BW-2 a EW-2, EP = -0,33; IC del 95%: -2,0, 1,3), los efectos *no son claros* para todos los umbrales de magnitud. Sin embargo, desde el principio hasta el final de las dos semanas: tres (BW-3 a EW3) y cuatro (BW-4 a EW-4), hay grandes efectos *muy probablemente* perjudiciales (con una probabilidad de daño de 99,8% y 96,1% respectivamente).

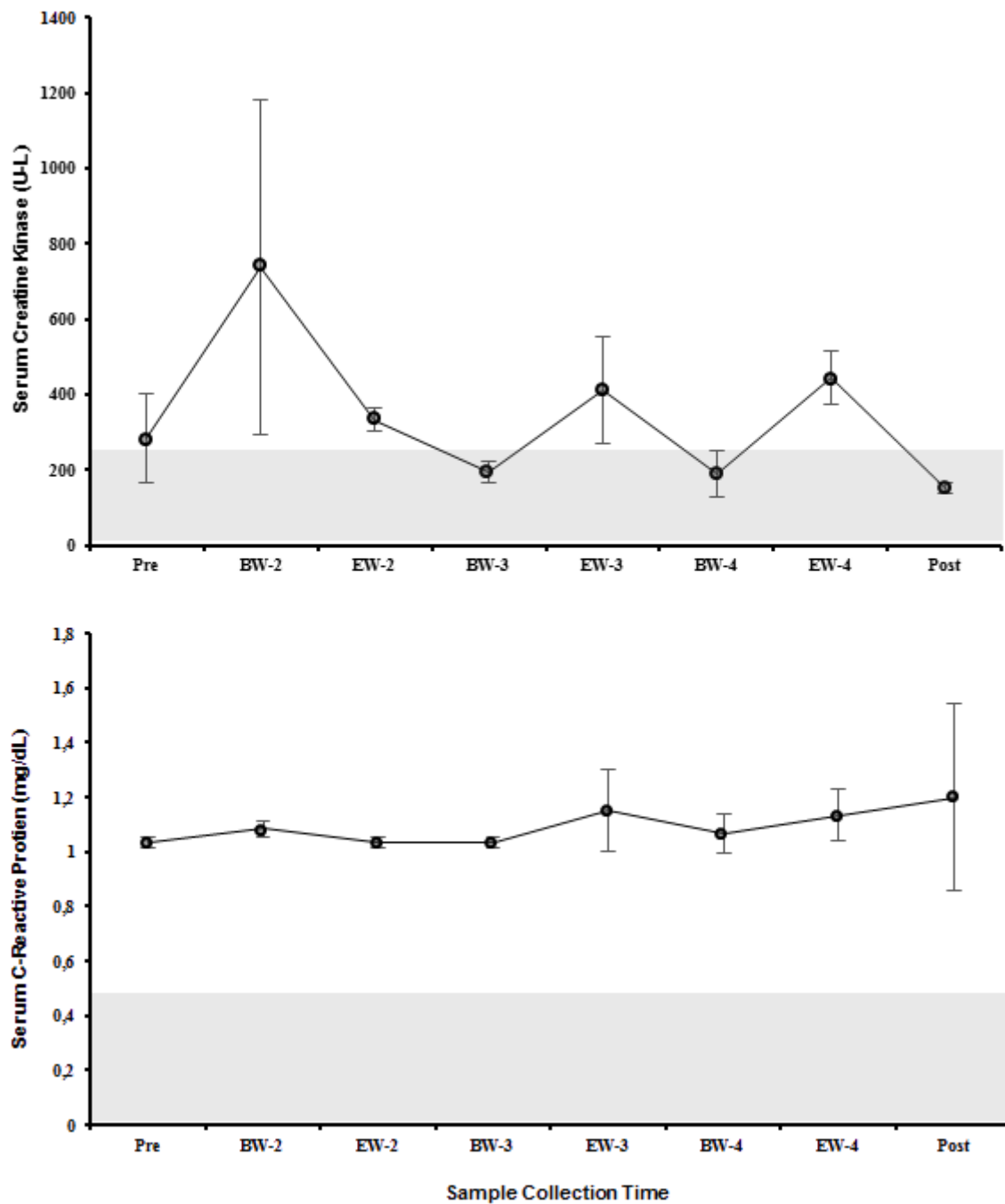


Figura 2. Respuestas de la PCR y la CK en suero a lo largo de la Intervención del Entrenamiento.

Tabla 4. Probabilidad de Sustantividad Basada en la Magnitud.

| Umbral del Efecto: | 0.2 (Pequeño) | | 0.5 (Moderado) | | 0.8 (Grande) | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| | Probabilidad | Inferencia | Probabilidad | Inferencia | Probabilidad | Inferencia |
| FC de reposo | 46.7 / 36.9 / 16.4 | No claro | 18.9 / 75.7 / 5.4 | No claro | 6.2 / 92.0 / 1.8 | Probablemente Trivial |
| PA Sistólica | 17.1 / 30.1 / 52.8 | No claro | 6.8 / 66.3 / 27.0 | No claro | 2.7 / 86.2 / 11.2 | Posiblemente Trivial |
| PA Diastólica | 2.7 / 16.2 / 81.1 | Posiblemente nocivo | 0.7 / 56.6 / 42.7 | Posiblemente Trivial | 0.2 / 88.1 / 11.7 | Posiblemente Trivial |
| Fuerza Tren Superior | 3.6 / 74.9 / 21.5 | Posiblemente Trivial | 0.3 / 98.5 / 1.2 | Muy Probablemente Trivial | 0.0 / 99.8 / 0.2 | Muy Probablemente Trivial |
| Fuerza Tren Inferior | 65.3 / 30.2 / 4.5 | Posiblemente Beneficioso | 23.8 / 74.8 / 1.4 | Probablemente Trivial | 5.6 / 94.0 / 0.4 | Probablemente Trivial |
| Capacidad Anaeróbica | 24.9 / 65.5 / 9.5 | No claro | 3.0 / 95.7 / 1.2 | Muy probablemente Trivial | 0.5 / 99.3 / 0.2 | Muy Probablemente Trivial |
| Capacidad Aeróbica | 1.6 / 34.2 / 64.2 | Posiblemente Nocivo | 0.2 / 90.5 / 9.3 | Probablemente Trivial | 0.1 / 99.0 / 0.9 | Muy Probablemente Trivial |
| Capacidad de "Trabajo" | 95.0 / 3.4 / 1.6 | Muy Probablemente Beneficioso | 87.6 / 11.6 / 0.7 | Probablemente Beneficioso | 71.5 / 28.1 / 0.4 | Posiblemente Beneficioso |
| Grasa Corporal % | 25.1 / 74.7 / 0.2 | Posiblemente Trivial | 0.2 / 99.8 / 0.0 | Muy Probablemente Trivial | 0.0 / 100 / 0.0 | Más Probablemente Trivial |
| Masa Magra | 0.5 / 99.3 / 0.2 | Muy Probablemente Trivial | 0.0 / 100 / 0.0 | Más Probablemente Trivial | 0.0 / 100 / 0.0 | Más Probablemente Trivial |
| Masa Grasa | 18.4 / 81.3 / 0.3 | Posiblemente Trivial | 0.2 / 99.8 / 0.0 | Muy Probablemente Trivial | 0.0 / 100 / 0.0 | Más Probablemente Trivial |
| Densidad Mineral Ósea | 38.3 / 54.8 / 6.8 | No claro | 6.0 / 93.0 / 1.0 | Probablemente Trivial | 0.9 / 98.9 / 0.2 | Muy Probablemente Trivial |
| Trastorno Total del Estado de Animo | 4.7 / 18.0 / 77.3 | Posiblemente Nocivo | 1.5 / 53.2 / 45.3 | Posiblemente Trivial | 0.6 / 82.6 / 16.9 | Posiblemente Trivial |
| Ira-Hostilidad | 22.5 / 28.6 / 49.2 | No claro | 10.1 / 63.1 / 26.9 | No claro | 4.4 / 83.1 / 12.5 | Posiblemente Trivial |
| Confusión-Perplejidad | 8.3 / 50.4 / 41.3 | No claro | 1.5 / 90.2 / 8.3 | Probablemente Trivial | 0.4 / 98.2 / 1.5 | Probablemente Trivial |
| Depresión-Desánimo | 3.7 / 55.7 / 40.6 | Posiblemente Trivial | 0.5 / 95.2 / 4.3 | Muy Probablemente Trivial | 0.1 / 99.4 / 0.5 | Muy Probablemente Trivial |
| Fatiga-Inactividad | 19.0 / 47.8 / 33.1 | No claro | 4.9 / 85.8 / 9.3 | Posiblemente Trivial | 1.3 / 96.2 / 2.4 | Muy Probablemente Trivial |
| Tensión-Ansiedad | 2.0 / 13.5 / 84.5 | Posiblemente Nocivo | 0.5 / 52.5 / 46.9 | Posiblemente Trivial | 0.2 / 87.1 / 12.7 | Posiblemente Trivial |
| Vigor-Actividad | 1.5 / 4.8 / 93.8 | Probablemente Nocivo | 0.6 / 18.7 / 80.7 | Posiblemente Nocivo | 0.2 / 47.5 / 52.3 | Posiblemente Nocivo |
| Amabilidad | 2.2 / 6.6 / 91.2 | Probablemente Nocivo | 0.8 / 23.6 / 75.6 | Posiblemente Nocivo | 0.4 / 52.8 / 46.8 | Posiblemente Trivial |

Las probabilidades se informan como: %beneficioso /% trivial /% negativo

Resultados de la Sesión de Entrenamiento

La Figura 3 ilustra las diferencias en la FCE y el IEP entre los distintos tipos de sesión de entrenamiento típicos dentro de la programación de CF. Existen diferencias significativas entre los diseños de sesiones de entrenamiento para la FCE ($F = 8.63$; $P = 0.001$) y el IEP ($F = 15.26$; $P < 0.001$). Las sesiones de entrenamiento con prioridad de elemento (127.4 ± 8.9 latidos·min⁻¹) tienen menor FCE que los diseños con prioridad de tarea (167.0 ± 5.5 ; $P = 0.001$) y prioridad de tiempo (172.4 ± 7.7 ; $P = 0.001$). Las sesiones de entrenamiento con prioridad de elemento (9.4 ± 0.8) también tienen menor IEPs asociados que los diseños con prioridad de tarea (14.8 ± 0.5 ; $P = 0.000$) y prioridad de tiempo (14.7 ± 0.7 ; $P = 0.000$).

Existe una correlación significativa entre el IEP de sesión y la carga de trabajo (es decir, FCE x duración; $r = 0,426$, $P = 0,019$). No existen correlaciones significativas entre el dolor y el IEP, o entre el dolor y la carga de trabajo.

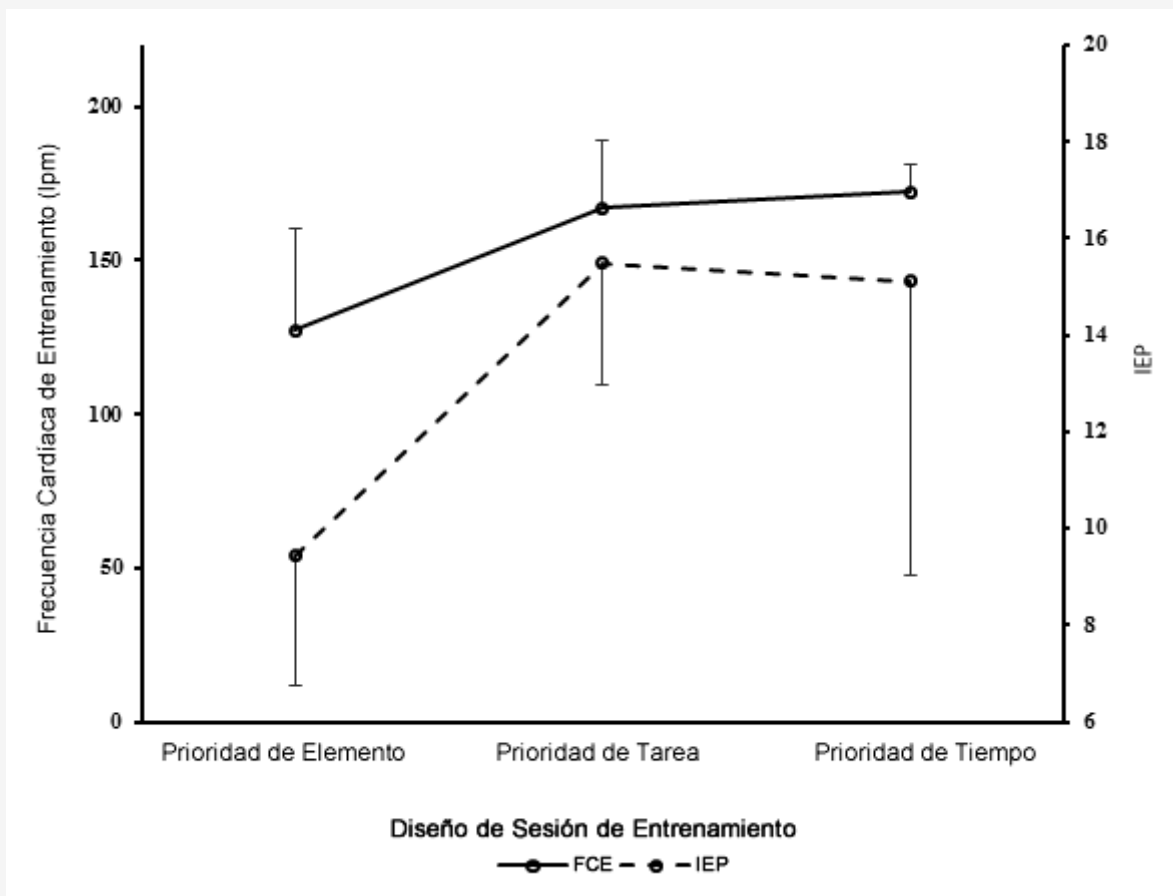


Figura 3. Respuestas de IEP y Frecuencia Cardíaca entre los Diseños de Sesión de Entrenamiento.

Estado Nutricional

No hay diferencias medias significativas pre-post para calorías totales (-15,33; IC del 95%: -193,9, 163,2; $P = 0,823$), grasas (-0,66; IC del 95%: -9,8, 8,4; $P = 0,850$) carbohidratos (-0,33; IC del 95%: -6,4, 5,8; $P = 0,887$), o proteínas (-5,16; IC del 95%: -25,2, 14,9; $P = 0,514$).

DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue determinar el alcance, la magnitud y la dirección de los efectos asociados con la participación de CF a corto plazo en individuos sanos. Además, hubo interés en determinar si la participación tenía algún efecto negativo potencial sobre los marcadores de daño músculo-esquelético, inflamación sistémica o estado psicológico. Los presentes hallazgos apoyan parcialmente la hipótesis original de que la participación a corto plazo en CF puede inducir efectos beneficiosos pequeños sobre las medidas de salud y aptitud física.

Para las medidas de la composición corporal observadas, los efectos son pequeños, posiblemente triviales, muy probablemente triviales y no claros. Cualquier efecto de moderado a grande sobre los cambios en la composición corporal sigue siendo muy probable a lo más probable trivial. Aunque los efectos sobre la GC% y la MG son posiblemente triviales dentro de estos datos, hay pequeñas probabilidades (25,1% y 18,4%, respectivamente) de que un individuo experimente mejoras en estas medidas. Estas probabilidades, en combinación con investigaciones previas que muestran un cambio significativo (15,42,48,51,52) en GC% y MG, ilustran el potencial de intervenciones de CF incluso a corto plazo para

beneficiar estos parámetros de salud. Además, los sujetos no tuvieron cambios significativos en su ingesta alimentaria o sus hábitos (es decir, la distribución de macronutrientes) a lo largo de la duración del estudio. En combinación con cambios en la alimentación, el CF puede producir efectos beneficiosos aún mayores sobre la GC% y la MG a corto plazo. Los efectos sobre la MM observados son muy probablemente triviales con más del 99% de probabilidades de ningún cambio. Si bien puede ser contra-intuitivo considerar que ningún cambio en la MM es un efecto beneficioso, la participación en ejercicio continuo de alta intensidad o de larga duración puede resultar en una pérdida de masa muscular esquelética (9). Una pérdida de la MM puede producir efectos adversos tales como reducir la tasa metabólica en reposo (12) o aumentar el riesgo de caída (49), y la capacidad del CF para mantener la MM puede indicar su utilidad como una intervención efectiva en poblaciones clínicas (p. ej. obesos y adultos mayores). Si bien los efectos sobre la DMO en el presente estudio no están claros y requieren más datos, existe una probabilidad del 38,3% de beneficio. Estos efectos poco claros sobre la DMO están respaldados por la bibliografía en la que algunos observan aumentos clínicamente significativos potenciales y otros informan una disminución significativa después de las intervenciones de CF (25,52). El mayor porcentaje de cambio en la DMO observado en esta muestra fue de aproximadamente 4%, lo que puede ser de importancia clínica para poblaciones con baja masa ósea (28). Además de los cambios triviales en la composición corporal, las funciones cardiovasculares en reposo no sufrieron cambios significativos durante la intervención actual. La FC de los sujetos muestra resultados probablemente triviales y la PA mostró resultados triviales probables. Sin embargo, la PAD mostró efectos nocivos posiblemente en un pequeño tamaño del efecto debido al ligero aumento en la PAD en reposo, lo cual es potencialmente problemático si se combina con otros factores. En conjunto, los resultados indican que la participación en CF, incluso durante períodos cortos, puede producir cambios favorables en las medidas de la composición corporal asociadas con la salud en general.

A diferencia de los efectos beneficiosos generalmente observados para las medidas de composición corporal, los efectos del estudio sobre los componentes de la aptitud física son más diversos. Si bien anticipamos respuestas similares con respecto a la fuerza máxima en la fuerza muscular de las extremidades superiores e inferiores, observamos diferencias en las direcciones de estos efectos. Como era de esperar, el efecto sobre la fuerza del tren inferior es posiblemente beneficioso con un 65,3% de probabilidad de mejora. Sin embargo, los efectos sobre la fuerza del tren superior son posiblemente triviales, con un 74,9% de probabilidad de no cambio y 21,5% de probabilidad de disminución en la fuerza máxima. Del mismo modo, informamos divergencia en los efectos sobre la capacidad aeróbica y anaeróbica. A pesar de que los efectos sobre la capacidad anaeróbica no son claros hay una probabilidad de 24,9% de mejora. Sin embargo, los efectos sobre la capacidad aeróbica son posiblemente dañinos con un 64,2% de probabilidad de que los sujetos reduzcan su capacidad. Con estos efectos conflictivos en mente, proponemos una hipótesis en donde las intervenciones de CF, al menos en el corto plazo, producirán efectos sobre los componentes de la aptitud física con dirección variable en función de las características iniciales de sus sujetos. En el presente estudio, los sujetos experimentaron una progresión en las medidas por debajo del promedio (es decir, fuerza corporal del tren inferior), regresión en medidas por encima del promedio (es decir, capacidad aeróbica), el mantenimiento relativo de medidas promedio (es decir, fuerza del tren superior y capacidad anaeróbica). Dada la naturaleza "constantemente variada" de la metodología del CF, la intervención a corto plazo puede no proporcionar suficiente estímulo (es decir, volumen) para la progresión de niveles relativos de aptitud física ya altos, mientras que las áreas de deficiencia pueden esperar resultados positivos. Sin embargo, a largo plazo, el CF puede proporcionar un volumen suficiente para producir efectos positivos, incluso en individuos con altos niveles relativos de aptitud física inicial, ya que habrá más tiempo dedicado a entrenar a cada componente potencial de la condición física (6,48,51,56,57). Por lo tanto, sería de interés para determinar el umbral de tiempo para la transición de la "corrección de deficiencia" a la mejora general de los componentes de la aptitud física.

La mayor magnitud de los efectos observados en el presente estudio se encuentra en el área definida por el CF como CT, habiendo efectos pequeños muy probables, efectos moderados probables y posiblemente grandes efectos. Tanto la magnitud como la dirección de esta mejora en la CT basada en el CF no deberían ser una sorpresa si se considera el principio de especificidad (39) y otros datos que muestran aumentos en la CT a partir de las intervenciones de CF (44). Además, Butcher et al. (8) muestra que el rendimiento en los EDDs de referencia de CF se predice con mayor precisión por la fuerza de todo el cuerpo que por cualquier otro componente tradicional de aptitud física (por ejemplo, capacidad aeróbica o umbral de lactato). Estos datos apoyan esta afirmación a medida que los sujetos mejoraron su fuerza de las extremidades inferiores mientras que mantenían su fuerza de extremidades superiores, aumentando así los niveles de fuerza del cuerpo entero. Mientras que el aumento de la CT sin duda hará que un individuo mejore en el rendimiento de las actividades relacionadas con el CF, la pregunta más interesante es si este aumento de la CT tiene alguna utilidad fuera de este valor intrínseco. Por ejemplo, ¿qué poblaciones tienen más probabilidades de beneficiarse de este tipo de programa de ejercicios general y muy variado? Proponemos aquellos con objetivos generales de salud y acondicionamiento físico, aquellos que pueden ser tempranos en su edad de entrenamiento (es decir, atletas adolescentes), y aquellos que tienen una amplia variedad de deficiencias físicas para abordar, pueden beneficiarse de este tipo de programa. En conjunto, estos datos sugieren que la participación a corto plazo en CF aumentará la aptitud física general a través de la corrección de las deficiencias físicas, lo que resultará en una mejora significativa en la CT.

El daño músculo-esquelético, la inflamación sistémica y el estado psicológico se evaluaron para determinar si había

potenciales efectos negativos del CF a corto plazo a menudo asociados con mal-adaptación al entrenamiento físico (50). Los marcadores bioquímicos del daño músculo-esquelético, como la CK, se usan comúnmente como un biomarcador indirecto de daño tisular. Después del ejercicio intenso, los niveles de CK se elevarán fuera del rango fisiológico normal (45-235 U/L), pero volverán al inicial dentro de las 48 a 72 horas posteriores al ejercicio (2,24). Si bien esta respuesta puede ser indicativa de estrés muscular y/o proceso de reparación normal que es necesario para la adaptación positiva, los niveles excesivamente altos de CK sérica están presentes en el síndrome de sobreentrenamiento (SSE) y afecciones como la rhabdomiólisis (21,47). Si los niveles de CK permanecen elevados después de días y semanas consecutivos de entrenamiento, puede ser representativo del micro-trauma subyacente del tejido y una respuesta mal-adaptativa al entrenamiento (50). En el presente estudio, la respuesta inicial de CK sérica se elevó a una gran cantidad entre la variabilidad del sujeto. Este patrón inicial es más probable debido a las diferencias individuales en los patrones de entrenamiento de ejercicio (modo, frecuencia y duración) entre los sujetos antes del estudio. Por lo tanto, los sujetos pueden ser altos o bajos respondedores dependiendo de sus previos hábitos de entrenamiento. Además, al final de la primera semana la CK sérica disminuye considerablemente, aún fuera del rango normal, junto con la variabilidad entre sujetos. Esto puede indicar la presencia de un período de "aclimatación" al entrenamiento del CF. En apoyo de este pensamiento, al comienzo de la segunda semana, los niveles séricos de CK volvieron a estar dentro del rango fisiológico normal. Al final de la segunda semana, la CK en suero se eleva de nuevo por encima del rango normal, pero vuelve a la normalidad al principio de la semana siguiente. Este patrón continúa durante el resto del programa de entrenamiento, lo que representa una progresión normal del proceso de adaptación/recuperación esperado durante el entrenamiento físico crónico.

El biomarcador PCR es un marcador de bajo grado de inflamación sistémica. Se incrementa la PCR en atletas sobreentrenados (50). Los presentes hallazgos no muestran un aumento significativo en los niveles séricos de PCR durante el entrenamiento de CF. Sin embargo, la variabilidad entre sujetos aumenta a lo largo de la intervención del estudio, con el nivel más alto de variabilidad entre sujetos que ocurre en el punto final de recolección de datos. Estos datos son apoyados por Bains et al. (1) que informó una respuesta inflamatoria reducida evidenciada por aumentos en la PCR. Sus datos siguen una intervención de 8 semanas con un aumento de la PCR sérica, pero no fue significativamente diferente de la evaluación inicial. Sin embargo, en contraste con el presente estudio, Bains et al. (1) controló a propósito la intensidad del ejercicio durante las 4 primeras semanas de su intervención. Es decir, los sujetos fueron instruidos para no dar el esfuerzo máximo en cada sesión de entrenamiento, sino que aumentaron progresivamente su nivel de esfuerzo con cada semana sucesiva de entrenamiento. Este aumento gradual en el esfuerzo/intensidad puede permitir potencialmente a los participantes una oportunidad de aclimatarse adecuadamente a los protocolos de CF que resultarían en la modulación de los aumentos de la PCR en suero.

Los efectos sobre los estados de ánimo psicológicos oscilaron de poco claros a posiblemente dañinos, con algunos estados que muestran efectos dañinos probables. Para el Trastorno Total del Estado de Ánimo, observamos un pequeño efecto que es posiblemente dañino. Los efectos más grandes en los estados de ánimo son para "tensión-ansiedad", "vigor-actividad" y "amabilidad". Estos hallazgos divergen de los datos presentados por Heinrich et al. (23) que indican que las mujeres reportan más disfrute y probabilidad de continuar el entrenamiento de CF en comparación con el ER concurrente y el ejercicio aeróbico de intensidad moderada. Además, los cambios negativos en el estado psicológico son un síntoma temprano del síndrome de sobreentrenamiento (18,19) en los atletas. El mayor volumen y/o intensidad del estímulo de entrenamiento dentro del estudio actual, en comparación con otras intervenciones publicadas de CF, puede explicar los cambios negativos en el estado de ánimo de estos participantes. En conjunto, estos datos sugieren que los sujetos en el presente estudio abordaron volúmenes de entrenamiento que pueden comenzar a inhibir la adaptación.

Sobre la base de los aumentos de la variabilidad de la PCR sérica y los cambios negativos en los estados de ánimo, proponemos una segunda hipótesis por la que los sujetos se acercaron a un estado de exceso funcional. Esta hipótesis es apoyada por las alteraciones negativas en los estados de ánimo y el estado inflamatorio, sin embargo, todavía se observa un aumento en el rendimiento relacionado con el CF. Sugerimos que los sujetos en el presente estudio estuvieron expuestos a un estímulo de entrenamiento que estresó al máximo su capacidad para recuperarse de las sesiones de entrenamiento individuales. Este fenómeno se conoce como el volumen recuperable máximo (VRM) (30), que indica que hay una cantidad máxima de volumen de entrenamiento de la que un individuo puede recuperarse. El entrenamiento por debajo del VRM permite a un individuo recuperarse y adaptarse al estímulo de entrenamiento. El entrenamiento en un volumen demasiado cercano al VRM permitirá la recuperación, pero probablemente interrumpa la adaptación del entrenamiento. El entrenamiento óptimo es un delicado equilibrio entre obtener un estímulo lo suficientemente fuerte como para interrumpir la homeostasis y al mismo tiempo permitir suficiente tiempo para la recuperación y la adaptación. Con este fin, hay otra métrica de volumen de entrenamiento crítica conocida como el volumen adaptativo máximo (VAM) (30). El VAM es el volumen de entrenamiento, por debajo del VRM, que permite a un individuo recuperarse y adaptarse óptimamente. El entrenamiento consistente en el VRM puede conducir a un exceso que es un punto de control clave antes del desarrollo del síndrome de sobreentrenamiento con dos resultados potenciales: exceso funcional y no funcional (18,30,38,53). El exceso no funcional tiende hacia el síndrome SSE mientras el exceso funcional, un breve período de tiempo en VRM, puede proporcionar aumentos de rendimiento cuando el descanso adecuado se aplica directamente

después del período de entrenamiento. La acumulación de fatiga durante el tiempo pasado por encima del VRM es lo que requiere el uso de períodos "deload" antes de la mejora observada en las mediciones de rendimiento. Sugerimos que si los individuos están dando el esfuerzo máximo sobre una base consistente durante el entrenamiento de CF a corto plazo, entonces, puede conducir potencialmente a un estado excedido a través de la exposición continua a su VRM. Además, si el volumen de entrenamiento de esta magnitud e intensidad continúa en el largo plazo, es posible que las personas puedan desarrollar SSE.

Además, el concepto de VRM puede explicar la "corrección de deficiencia" de los parámetros de aptitud física evaluados en el presente estudio. Si hay una cantidad máxima de volumen de entrenamiento que puede recuperarse, tal vez, los diversos componentes de la aptitud física respondan de manera diferente a una sesión de entrenamiento multimodal individual. Es decir, durante un EDD de CF donde todos los componentes de la aptitud física se pueden estresar, los componentes que están por debajo de la media en un individuo se estresarán en un mayor grado que los que pueden estar por encima de la media. En este escenario, los componentes por debajo de la media progresan mientras que los parámetros por encima de la media sólo pueden mantenerse o incluso regresar. Por lo tanto, proponemos que el VRM debe aplicarse individualmente a todos los diferentes componentes de la aptitud física al incorporar sesiones de entrenamiento multimodales. Dentro del carácter multimodal de alta intensidad de las metodologías de CF, sería imposible proporcionar el nivel apropiado de estímulo de entrenamiento para cada componente individual de la aptitud física para optimizar la recuperación y la adaptación. Por lo tanto, podría postularse que el componente de aptitud física con la capacidad relativa más baja puede servir como un factor limitante cuando se considera el VRM de un individuo durante las intervenciones de entrenamiento de CF. Además, puede ser difícil, si no es práctico, supervisar adecuadamente la respuesta de cada componente diferente de aptitud física a lo largo de una intervención de CF. Una estrategia de monitoreo apropiada para este tipo de programa de entrenamiento puede ser un marcador sistémico como la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). La VFC estima indirectamente el estrés autónomo general en el cuerpo humano (33) y puede ser la estrategia más factible para supervisar la recuperación y la adaptación al entrenamiento estilo multimodal. Los programas de entrenamiento ajustados al volumen y a la intensidad, basados en la VFC muestran resultados más favorables que el entrenamiento tradicional de sobrecarga progresiva (53,55). Incluso la VFC es la hipótesis de ser un potencial indicador temprano de las lesiones músculo-esqueléticas por sobreuso (20). Investigaciones futuras sobre las intervenciones del CF deberían comparar la intensidad regulada por la VFC con la tradicional programación de intervención de intensidad máxima del esfuerzo (5). Sobre la base de estos datos, los individuos deberían ser capaces de modular su nivel de esfuerzo entre las sesiones de entrenamiento con precisión cuando se utiliza la escala de IEP como un marco de referencia. La Tabla 3 ilustra que los sujetos fueron capaces de percibir con precisión su nivel de intensidad durante las sesiones de entrenamiento (medido por FCE). Usando el IEP, los individuos pueden ser capaces de ajustar adecuadamente su intensidad de entrenamiento mientras siguen completando el trabajo prescrito durante las sesiones de CF. Esto podría conducir potencialmente a un entrenamiento coherente por debajo del VRM, en el VAM, negando así el desarrollo/progresión del exceso y optimizar la adaptación y la recuperación.

El presente estudio presenta varias vías para futuras investigaciones dignas de mención. En primer lugar, proponemos que las intervenciones de CF, al menos a corto plazo, producirán resultados variables basados en el estado de entrenamiento inicial de los participantes en el estudio. Después de esto, en el corto plazo, el CF dará lugar a mejoras sustanciales en la CT mediante la corrección de las deficiencias de aptitud física de los individuos. Como los efectos más grandes observados en el presente estudio, el concepto de CT debe ser examinado para determinar su utilidad más allá de mejorar el rendimiento del CF. Proponemos que los atletas en su edad temprana de entrenamiento (es decir, adolescentes), individuos con metas generales de salud y aptitud física, o individuos con altos niveles de deficiencias puedan beneficiarse más de esta metodología de entrenamiento. Por ejemplo, temprano en la edad de entrenamiento, puede ser beneficioso darle importancia en mejorar todos los aspectos de la aptitud física para negar el desarrollo de deficiencias. Del mismo modo, las personas interesadas en la salud general también se beneficiarán de enfatizar la aptitud física completa más que la especialización en cualquier componente ya que tanto la fuerza como la capacidad aeróbica están asociadas con la mortalidad temprana. Además, este tipo de entrenamiento puede proporcionar suficientes estímulos generales para ayudar a mejorar una amplia gama de deficiencias asociadas con enfermedades crónicas. Teniendo en cuenta la naturaleza multimodal y los amplios beneficios probables en la participación del CF, reconocemos que es un estímulo de entrenamiento potencialmente poderoso. Por lo tanto, cuando cada sesión de entrenamiento se completa con el máximo esfuerzo/intensidad, como lo recomiendan los desarrolladores del programa, existe el potencial para realizar un estado excedido funcionalmente en los participantes a corto plazo. Investigaciones futuras deben investigar este fenómeno más allá, así como investigar si la participación a largo plazo contribuye al desarrollo del exceso no funcional o el SSE. Con esto en mente, proponemos que un marcador sistémico como la VFC puede ser el método más adecuado para el seguimiento de la recuperación/respuesta adaptativa a este método de entrenamiento. Las intensidades de entrenamiento reguladas por la VFC pueden modular apropiadamente los estímulos de entrenamiento para optimizar las intervenciones de recuperación y adaptación de CF.

Limitaciones de este Estudio

El presente estudio no está exento de sus limitaciones. En primer lugar, y sobre todo, están las preocupaciones con el tamaño de la muestra del estudio. Esta muestra no sólo es pequeña ($n = 6$) sino que es totalmente masculina. La replicación del presente estudio debe incluir tanto a hombres como a mujeres junto con un tamaño de muestra adecuado. Sin embargo, los métodos estadísticos empleados en este estudio (es decir, IMC) proporcionan inferencias sobre la magnitud potencial de los efectos a nivel de la población. Además, hemos seleccionado a propósito un intervalo de confianza más conservador (95% versus 90%) que es lo que se recomienda para compensar nuestro pequeño tamaño de muestra. Por esta razón, sostenemos que los datos presentados, aunque sólo sea una pequeña muestra, deben seguir siendo válidos a nivel de población. Prevemos que los tamaños de muestra más grandes corroborarán y reducirán el IC del tamaño del efecto obtenido en este estudio. En segundo lugar, el estudio actual carecía de recolección de frecuencia cardíaca en tiempo real durante las sesiones de entrenamiento. El uso de datos de tiempo real de la FC para reflejar con mayor precisión las cargas de trabajo de la sesión de entrenamiento (es decir, la duración x FCE promedio) puede permitir un monitoreo de intervención más efectivo. Por último, existen limitaciones en la capacidad de comparar los resultados de los estudios actualmente publicados que investigan la eficacia de las intervenciones de CF. En este momento, hay poca o ninguna consistencia en el diseño de las intervenciones de CF. Muy pocos han utilizado un diseño de intervención que es consistente con las recomendaciones de los desarrolladores del programa original. Esto no sólo dificulta la comparación con otras investigaciones, sino que también cuestiona la validez de estos estudios para reflejar verdaderamente los efectos potenciales del CF. Una de las fortalezas del presente estudio es su atención al seguir una de las dos estructuras de programa recomendadas (5 días de entrenamiento, 2 días de descanso) y la secuencia apropiada de elementos (es decir, el tipo de sesión apropiada y las estructuras de elementos apropiados dentro de los microciclos). Para que la futura investigación sobre el CF sea considerada como una representación válida de las filosofías del programa y la evaluación de los resultados, las intervenciones no deben desviarse de las recomendaciones originales de la programación.

CONCLUSIONES

Este estudio ilustra la eficacia de las intervenciones del CF para afectar una amplia variedad de medidas de salud y aptitud física, lo que lo convierte en un estímulo de ejercicio potencialmente potente. Más allá de la eficacia, estos datos proporcionan información valiosa en cuanto a las áreas para la investigación futura en esta metodología del entrenamiento. Proponemos que los efectos de las intervenciones a corto plazo de CF variarán, mejorando por debajo de los componentes promedio de la aptitud física y manteniendo componentes por encima del promedio, basados en las diferencias individuales iniciales en capacidades de aptitud física relativas. Además, reconocemos que la fuerza de la metodología del CF es su atención en un esfuerzo/intensidad constantemente alto. Esta atención es al mismo tiempo el mayor valor del programa y, potencialmente, el área de mayor necesidad.

En el presente estudio, sostenemos que los sujetos se acercaron a un estado de exceso funcional, al observar la mejora en el rendimiento general, aún con perturbaciones negativas en los estados de ánimo y el estado inflamatorio. En el corto plazo esto no es una preocupación significativa, pero si la intensidad máxima se mantiene a largo plazo, esto puede progresar en un exceso no funcional o SSE. Para limitar el potencial de sobreentrenamiento en una intervención de ejercicio multimodal de alta intensidad continua, como el CF, recomendamos el uso de un marcador sistémico de estrés físico como la VFC. La magnitud más grande de los efectos observada en este estudio es para la CT relacionada al CF. Será de vital importancia para los fisiólogos de ejercicio y otros profesionales determinar la utilidad de este aumento de CT más allá del rendimiento del CF. Proponemos que su mayor utilidad puede ser con las poblaciones adolescentes, los interesados en la salud general, y para reducir la deficiencia asociada con la enfermedad crónica. Futuras investigaciones sobre el CF deben abordar estas preguntas manteniendo la integridad de la programación original para esta potente intervención.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue hecho posible por una beca de la facultad y un premio del ayudante de investigación de la licenciatura proporcionado por el Consejo de la Universidad Estatal de Pittsburg para el Descubrimiento y la Investigación.

Dirección de correo: Derek A. Crawford, 1701 S. Broadway Avenue; Department of Health, Human Performance, and Recreation; Pittsburg State University; Pittsburg, Kansas 66762 (USA). Phone: (620) 235-4672. Email: dcrawford@pittstate.edu

REFERENCIAS

1. Bains G, Berk L, Sabir O, Aljehani M, Aljulaymi I, ALKahtani H, Nugent F, Perez P. (2015). The effect of an 8 week CrossFit type exercise on acute c reactive protein modulation *Med Sci Sports Exer.* 2015;47(5S):380.
2. Barid MF, Baker JS, Bickerstaff GF. (2012). Creatine-kinase and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *J Nutritional Metab.*
3. Batterham A. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Phys Perform.* 2006;1(1):50-70.
4. Borg GA. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exer.* 1982; 14(5):377-381.
5. Brown D, Price B, Bycura D, Waugh K, Black R, Kliszczewicz B. (2015). Crossfit experience attenuates heart rate variability *Med Sci Sports Exer.* 2015;47(5S):797.
6. Brown JT, Inman C, Stone W, Zagdsuren B, Arnett S, Schafer M, Lyons S, Maples J, Crandall J, Callahan Z. (2015). CrossFit vs. circuit training: Effects of a ten-week training program on power. *Med Sci Sports Exer.* 2015;47(5S):800.
7. Bruce R, Hosmer D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of function aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J.* 1973;85(4):546-562.
8. Butcher SJ, Neyedly TJ, Horvey KJ, Benko CR. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit™ benchmark performance? *Open Acc J Sports Med.* 2015;6: 241-247.
9. Carlsson M, Littbrand H, Gustafson Y, Lundin-Olsson L, Lindelof N, Rosendahl E, Haglin L. (2011). Effects of high-intensity exercise and protein supplement on muscle mass in ADL dependent older people with and without malnutrition: A randomized controlled trial. *J Nut Health Aging.* 2011;15(7):554-560.
10. Cohen J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. *Hillsdale, NJ Lawrence: Earlbaum Associates*
11. CrossFit, Inc. (2010). The CrossFit Training Guide. *Santa Cruz, CA: CrossFit Inc.*
12. Doleza BA, Potteiger JA, Jacobsen DJ, Benedict SH. (2000). Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Med Sci Sports Exer.* 2000;32(7):1202-1207.
13. Drum SN, Bellovary B, Jensen R, Moore M, Donath L. (2016). Perceived demands and post-exercise physical dysfunction in crossfit(R) compared to an ACSM based training session. *J Sports Med Phys Fitness.*
14. Durlak JA. (2009). How to select, calculate, and interpret effect sizes. *J Pediatr Psych.* 2009;34(9):917-928.
15. Eather N, Morgan PJ, Lubans DR. (2016). Improving health-related fitness in adolescents: The CrossFit Teens randomised controlled trial. *J Sports Sci.* 2016;34(3):209-223.
16. Ferreira-Valente MA, Pais-Ribeiro JL, Jensen MP. (2011). Validity of four pain intensity rating scales. *Pain.* 2011;152(10):2399-2404.
17. Friedman MV, Stensby JD, Hillen TJ, Demertzis JL, Keener JD. (2015). Traumatic tear of the latissimus dorsi myotendinous junction: Case report of a CrossFit-related injury. *Sports Hea.* 2015;7(6):548-552.
18. Fry AC, Kraemer WJ. (1997). Resistance exercise overtraining and overreaching. *Neuroendocrine responses. Sports Med.* 1997;23(2):106-129.
19. Fry RW, Morton AR, Keast D. (1991). Overtraining in athletes. *An update. Sports Med.* 1991; 12(1):32-65.
20. Gisselman AS, Wright A, Hegedus E, Tumilty S. (2016). Musculoskeletal overuse injuries and heart rate variability: Is there a link? *Med Hypotheses.* 2016;87:1-7.
21. Goodenkauf W, Hassenstab RS, Slivka D. (2015). Acute high intensity anaerobic training and rhabdomyolysis risk. *Int J Exer Sci.* 2015;8(1):65-74.
22. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. (2013). The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *J Strength Cond Res.*
23. Heinrich KM, Patel PM, O'Neal JL, Heinrich BS. (2014). High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: An intervention study. *BMC Pub Health.* 2014;14:789.
24. Hicks KM, Onambele GL, Winwood K, Morse CI. (2016). Muscle damage following maximal eccentric knee extensions in males and females. *PLoS one.* 2016;11(3):e0150848.
25. Hoffstetter W, Mimms H, Serafini P, Smith M, Kilszczewicz B, Mangine G, Feito Y. (2015). Skeletal adaptations after 16-weeks of high intensity functional training. *Med Sci Sports Exer.* 2015;47(5S):160.
26. Hopkins WG. (2002). Probabilities of clinical or practical significance. *Sportsci.* 2002;7.
27. Hopkins WG. (2003). A spreadsheet for analysis of straightforward controlled trials *Sportsci.* 2003;7.
28. Horvatek I, Jovanovic S, Plecko D, Radanovic B, Horvateks M. (2012). Clinical importance of changes to femoral bone mineral density around the hip endoprosthesis. *Colle Antropol.* 2012;36(3):807-811.
29. Iida T, Chikamura C, Aoi S, Ikeda H, Matsuda Y, Oguri Y, Ono Y, Katada K, Ishizaki F. (2010). A study on the validity of quantitative ultrasonic measurement used the bone mineral density values on dual-energy X-ray absorptiometry in young and in middle-aged or older women. *Radiological Phys Tech.* 2010;3(2):113-119.
30. Isratel M, Hoffman, J, Smith, CW. (2016). Scientific Principles of Strength Training. *Juggernaut Training Systems*
31. Joondeph SA, Joondeph BC. (2013). Retinal detachment due to CrossFit training injury. *Case Reports Ophtha Med.* 2013;189837.
32. Juvia P, Heuchert DMM. (2012). Profile of Mood States Manual. *Multi-health Systems Inc.*
33. Kliszczewicz BM, Esco MR, Quindry JC, Blessing DL, Oliver GD, Taylor KJ, Price BM. (2016). Autonomic responses to an acute bout of high-intensity body weight resistance exercise vs. treadmill running. *J Strength Cond Res.* 2016;30(4):1050-1058.
34. Lakens D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers Psych.* 2013;4:863.
35. Landon ME, Deuster P, Campbell W. (2012). Exertional rhabdomyolysis: A clinical review with a focus on genetic influences *J Clin Neuromuscular Dis.* 2012;13(3):122-136.
36. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. (2012). Lancet Physical Activity Series Working. *Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy.*

Lancet. 2012;380(9838):219-229.

37. Lu A, Shen P, Lee P, Dahlin B, Waldau B, Nidecker AE, Nundkumar A, Bobinski M. (2015). CrossFit-related cervical internal carotid artery dissection. *Emer Radiology*. 2015; 22(4):449-452.
38. Matos NF, Winsley RJ, Williams CA. (2011). Prevalence of nonfunctional overreaching / overtraining in young English athletes. *Med Sci Sports Exer*. 2011; 43(7):1287-1294.
39. McCafferty WB, Horvath SM. (1977). Specificity of exercise and specificity of training: A subcellular review. *Res Quarterly*. 1977;48(2):358-371.
40. McKenzie MJ. (2015). Crossfit improves measures of muscular strength and power in active young females. *Med Sci Sports Exer*. 2015;47(5S):797.
41. Moran S, Booker H, Staines J, Williams S. (2017). Rates and risk factors of injury in CrossFit: A prospective cohort study. *J Sports Med Phys Fitness*.
42. Murawska-Cialowicz E, Wojna J, Zuwała-Jagiello J. (2015). Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women. *J Phys Pharmacology*. 2015;66(6):811-821.
43. Myer A. (2016). Is CrossFit Killing You? Oklahoma City, OK: The Daily Oklahoman. (Online). <http://kfor.com/2016/02/18/is-crossfit-killing-you/>
44. Paine J, Wylie R. (2010). CrossFit study. U.S. Army
45. Pescatello LS, Arena R, Riebe D, Thompson P. (2013). ACSM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription. (13th Edition). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams, & Wilkins
46. Potteiger JA. (2009). Human Performance Laboratory Manual. Grand Valley State University.
47. Pearcey GE, Bradbury-Squires DJ, Power KE, Behm DG, Button DC. (2013). Exertional rhabdomyolysis in an acutely detrained athlete/exercise physiology professor. *Clin J Sports Med*. 2013;23(6):496-498.
48. Serafini P, Mimms H, Smith M, Kilszczewicz B, Feito Y. (2016). Body composition and strength changes following 16-weeks of high-intensity functional training *Med Sci Sports Exer*. 2016;48(5S):1001.
49. Sipilä S, Heikkinen E, Cheng S, Suominen H, Saari P, Kovanen V, Alen M, Rantanen T. (2006). Endogenous hormones, muscle strength, and risk of fall-related fractures in older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(1):92-96.
50. Smith LL. (2004). Tissue trauma: The underlying cause of overtraining syndrome? *J Strength Cond Res*. 2004;18(1):185-193.
51. Smith MM, AJ Sommer, BE Starkoff, ST Devor. (2013). Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *J Strength Cond Res*. 2013;27(11):3159-3172.
52. Sobero L, Stone W, Zagdursen B, Arnett S, Schafer M, Lyons TS, Maples J, Crandall J, Callahan Z. (2015). CrossFit vs. circuit training: Effects of a ten-week training program on body composition and bone mineral density *Med Sci Sports Exer*. 2015;47(5S):800.
53. Tian Y, He ZH, Zhao JX, Tao DL, Xu KY, Earnest CP, Mc Naughton LR. (2013). Heart rate variability threshold values for early-warning nonfunctional overreaching in elite female wrestlers. *J Strength Cond Res*. 2013;27(6):1511-1519.
54. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exer*. 2008;40(1): 181-188.
55. Vesterinen V, Nummela A, Heikura I, Laine T, Hynynen E, Botella J, Hakkinen K. (2016). Individual endurance training prescription with heart rate variability. *Med Sci Sports Exer*. 2016;48(7):1347-1354.
56. Wessel P, Inman C, Stone W, Arnett S, Schafer M, Lyons TS, Maples J, Crandall J, Callahan Z. (2015). CrossFit vs. circuit training: Effects of a ten-week training program on muscular strength and endurance. *Med Sci Sports Exer*. 2015;47(5S):800.
57. Zagdursen B, Inman C, Stone W, Arnett S, Schafer M, Lyons S, Maples J, Crandall J, Callahan Z. (2015). CrossFit vs. Circuit-training: Effects of a ten-week training program on aerobic, anaerobic, and flexibility indicators. *Med Sci Sport Exer*. 2015;47(5S):801.