

# EFFECTOS PSICOFISIOLÓGICOS AGUDOS DEL CROSSFIT EN MUJERES

Jonás Navarro Navarro



Máster en Alto Rendimiento Deportivo y Salud

Trabajo Final de Máster

Tutor: Jaime Fernández Fernández

Curso académico: 2014-2015

## INDICE

	Pags.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	4
A. Sujetos.....	5
B. Procedimiento.....	6
a) Test incremental de campo (Vameval).....	6
b) Rutinas de CrossFit (EDD).....	7
c) Análisis estadístico.....	9
3. RESULTADOS.....	9
6. REFERENCIAS.....	11



## Introducción

En los últimos años ha habido un gran aumento en la demanda de entrenamientos interválicos de alta intensidad (EIAI) en el sector del fitness. Tanto es así que, en menos de 10 años, los EIAI han pasado de no aparecer en el top ten de la lista de tendencias del mundo del fitness en el año 2007, a ocupar el primer puesto en 2014 (Thompson, Arena, Riebe, y Pescatello, 2013). El EIAI consiste en la repetición de intervalos de trabajo de ejercicio intenso ( 90% del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ), con duraciones de entre 30 s y 2-4 min), alternado con periodos de recuperación de moderada o baja intensidad (Entre 30 s y 5 min de duración, 50% del  $VO_{2max}$ ) (Buchheit y Laursen, 2013). Este tipo de trabajo se ha identificado como un método de entrenamiento eficiente en el tiempo a utilizar, que no solo mejora la función cardiorrespiratoria o metabólica (ej., pérdida de peso) (Billat, 2001), sino que conlleva una mejora de la condición física (Iaia y Bangsbo, 2010). Tratando de comprobar la eficacia y eficiencia del EIAI, Gibala, Little, Macdonald y Hawley (2012), realizaron una revisión de la literatura donde comparaban el entrenamiento continuo de intensidad moderada (45-60 minutos al 60-75% del  $VO_{2max}$ ) y el EIAI (30 segundos de sprint máximo con 4 minutos de recuperación durante 20 minutos de sesión). Concluyeron que el EIAI producía beneficios similares o superiores (aumento de la capacidad oxidativa del músculo esquelético debido al incremento del contenido mitocondrial del mismo) pero con un volumen total de trabajo significativamente menor (Gibala et al., 2012).

Dentro de las nuevas tendencias en el sector del fitness, aparece el CrossFit como un tipo de entrenamiento que combina EIAI con contrabajos de fuerza, fundamentalmente orientados a la funcionalidad de los mismos. Atendiendo a la denominación del American College of Sports Medicine (ACSM), el entrenamiento funcional se define como el “*trabajo realizado contra una resistencia de tal forma que la fuerza generada beneficie directamente la ejecución de actividades de la vida diaria y movimientos asociados al deporte*” (Garber et al., 2011). Estas propuestas, que han emergido con enorme fuerza en la actualidad, son entendidas en base al desarrollo de movimientos integrados y multiplanares que implican aceleración conjunta, estabilización y

desaceleración de las diferentes partes del cuerpo, con la intención de mejorar la habilidad del movimiento, la fuerza y la eficiencia (Heredia et al., 2011).

El CrossFit es una de las modalidades que más impacto está teniendo en los últimos años, congregando a gran cantidad de practicantes tanto en los gimnasios como en las competiciones que se comienzan a realizar por todo el mundo. Sin embargo, hay pocos estudios sobre este deporte y muy poca evidencia científica acerca de las ventajas que puede ofrecer sobre otro tipo de disciplinas, debido sobre todo a la gran variedad de ejercicios y rutinas que lo componen, ya que es una disciplina en la que no hay rutinas fijas. En este sentido, dentro del Crossfit hay varias formas de distribuir el tiempo de trabajo y el tiempo de descanso. Las rutinas se denominan “Entrenamientos Del Día” (EDD), entre los que podemos encontrar diferentes tipos:

- “*As Many Rounds As Possible*” (AMRAP), que consiste en realizar el mayor número de series posibles, de un conjunto de ejercicios predeterminados con anterioridad, en un determinado tiempo (por ejemplo: 10 repeticiones del ejercicio sentadilla frontal más pres militar y 15 repeticiones de dominadas durante 25 minutos el mayor número de veces posible)
- “*Every Minute On a Minute*”, que busca realizar cierto número de repeticiones de un ejercicio (o de varios) dentro de un minuto (por ejemplo: realizar 10 repeticiones de sentadilla frontal y 15 dominadas en un minuto). Cuando el sujeto no consigue acabar la combinación en un minuto se acaba el ejercicio (el descanso es el tiempo que hay desde que acabas la combinación de ejercicios hasta que acaba el minuto, de tal forma que, cuanto más rápido se termine el ejercicio, más descanso tendrá el practicante).
- “*Classic triplet*”, que consiste en realizar tres series de una combinación de ejercicios (ej., sentadilla frontal y dominadas), lo más rápido posible, reduciendo el número de repeticiones de cada serie (por ejemplo: serie 1 = 21 sentadillas + 21 dominadas, serie 2 = 15 sentadillas + 15 dominadas, y serie 3 = 9 sentadillas + 9 dominadas)

- “*Tabata*”, que Son 8 series en las que se realizan 20 segundos de ejecución de un ejercicio, seguido de 10 segundos de descanso y se cuenta la cantidad de repeticiones totales realizadas.

Como limitaciones más importantes, nos encontramos con que el CrossFit no es un entrenamiento de fuerza tradicional, ya que no se utiliza el porcentaje de una repetición máxima (%1RM) para determinar los rangos de intensidad como se hace de forma tradicional. Tampoco establece los tiempos de descanso, sino que, en base a una estructura de sesión determinada (en cuanto a número series y/o repeticiones) y una intensidad de ejecución máxima (hasta llegar al agotamiento), es el sujeto el que auto-gestiona el descanso entre series y repeticiones.

Como hemos mencionado anteriormente, apenas hay información científica en relación al CrossFit. El único estudio de intervención hasta la fecha es el de Smith et al. (2013), en el que analizaron los efectos de 10 semanas de entrenamiento de CrossFit en un grupo de hombres y mujeres activos. Los resultados mostraron que después del programa de entrenamiento hubo una mejora significativa del  $VO_{2max}$  tanto en hombres como en mujeres (~10-12%), así como un descenso significativo del porcentaje graso (~3-4%). Más específicamente, si atendemos a las mujeres, la información referente al uso del CrossFit como estrategia de entrenamiento es inexistente, aunque existe algún estudio en el que se llevan a cabo programas de entrenamiento en circuito, los cuales se asemejan al CrossFit. En este sentido, Skidmore et al. (2012) analizaron los efectos de tres tipos de entrenamiento (Entrenamiento tradicional de fuerza en circuito (TRAD), Entrenamiento de fuerza en circuito aeróbico (ACWT) y Entrenamiento interválico de fuerza combinado (CWIT)) en un grupo de mujeres (edad:  $34.0 \pm 5.3$  años) físicamente activas. En primer lugar, las sesiones de TRAD consistieron en 3 series de 13 repeticiones de ejercicios de fuerza (ratio 1:1 esfuerzo/descanso); en segundo lugar, las sesiones de ACWT combinaron ejercicio aeróbico en cicloergómetro (65-75%  $VO_{2max}$ ) con ejercicio de fuerza (3 series de 13 repeticiones con un ratio 2:1 (30" de trabajo y 15" de descanso)); por último, el CWIT constaba de 3 series de 13 repeticiones de fuerza (ratio 2:1) combinado con sprints al 100% de la velocidad máxima en cicloergómetro. Los

resultados mostraron que el CWIT, en el que se combinan series de máxima intensidad (sprints) con el entrenamiento de fuerza, produce mayores niveles *La*, FC y RPE que el TRAD y el ACWT (Skidmore et al., 2012).

Pese a que existen evidencias que sustentan los beneficios de programas de ejercicio intenso, como podría ser el caso del CrossFit, según varios autores (Gibala et al. (2012), Shiraev y Barclay (2012) & Kessler et al. (2012)), se debe tener mucho cuidado en su aplicación. La correcta evaluación y progresión (ej., intensidad, volumen) desde el inicio del sujeto resultan variables cruciales para beneficiarse de cualquier programa de entrenamiento. Sin embargo, cuando el entrenamiento es realizado con intensidades muy elevadas y grandes volúmenes el riesgo de lesión y sobre-entrenamiento aparecen. Por tanto, el objetivo de este estudio fue examinar los efectos psicofisiológicos agudos de dos rutinas diferentes de CrossFit (EDD) en mujeres.

## Material y Métodos

Durante este estudio, se analizaron parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca (FC), consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), Lactato sanguíneo (*La*)) y perceptivos (percepción subjetiva del esfuerzo (RPE)) durante dos rutinas de CrossFit o EDD (“Fran” y “Cindy”). Un grupo de participantes fueron evaluadas en un periodo de tres semanas. El diseño experimental se dividió en dos partes: una primera parte que consistía en un test de campo, y una segunda en la que las participantes realizaron los dos EDD separados por, al menos, tres días. El orden de las partes fue aleatorizado y las condiciones del test y los EDD fueron estables y controladas utilizando dos rangos horarios: 9:00-12:00 am y 18:00-20:00 pm.

Los EDD se llevaron a cabo después de realizar un calentamiento estándar de 5 minutos (carrera continua, estiramientos dinámicos y simulación de los ejercicios a una intensidad baja (entorno al 60% de la  $FC_{max}$ )). Para reducir la interferencia de variables incontroladas, todas las participantes fueron informadas para que mantuviesen su habitual estilo de vida y dieta, antes y

durante el estudio. Las participantes no debían hacer ejercicio durante, al menos, las últimas 24 horas y debían consumir su última comida 2 horas antes de que comenzasen las pruebas.

## Sujetos

Cuatro participantes sanas con edades comprendidas entre los 26 y los 37 años y con un Índice de Masa Corporal (IMC) entre 23.6 y 24.4 ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ), participaron voluntariamente en el estudio. Todas las participantes fueron reclutadas del Box “CrossFit Elche”, donde entrenan habitualmente y contaban con  $16.5 \pm 7.6$  meses de experiencia. Las participantes fueron informadas acerca del protocolo de investigación, y se obtuvo su consentimiento informado, siguiendo la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Las características de las participantes se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. *Características de las Participantes*

Variable	N=4
Edad (años)	$31.2 \pm 5.6$
Peso (Kg)	$62.2 \pm 7.4$
Altura (cm)	$160.7 \pm 8.9$
IMC ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	$24 \pm 2.9$
$\text{VO}_{2\text{max rel.}}(\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$	$51.4 \pm 4.9$
$\text{FC}_{\text{max}}$ (lpm)	$176 \pm 4.6$
Experiencia en CrossFit (meses)	$16.5 \pm 7.6$

\*IMC = índice de masa corporal;  $\text{VO}_{2\text{max rel}}$  = consumo máximo de oxígeno en relación al peso y al tiempo (por minuto);  $\text{FC}_{\text{max}}$  = frecuencia cardíaca máxima expresada en latidos por minuto (lpm)

## **Procedimiento**

### **Test incremental de campo (Vameval)**

Todas las participantes realizaron un test continuo e incremental con el objetivo de determinar su  $FC_{max}$  y  $VO_{2max}$ . Para ello se siguió el protocolo previamente publicado (Cazorla y Léger, 1993; García, Secchi, y Cappa, 2013). El test se realiza en una pista de 400 metros, donde cada 20 metros hay ubicados conos, para que el sujeto regule la carrera siguiendo una señal sonora. La velocidad inicial del test es de  $8.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , y se incrementa a razón de  $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  cada 1 minuto. El test finaliza cuando el sujeto se detiene porque alcanzó la fatiga o cuando por dos veces consecutivas no llega a las zonas delimitadas. La velocidad registrada es aquella alcanzada en la última etapa completa. No se consideraron las etapas incompletas. El  $VO_{2max}$  y la  $FC_{max}$  se obtuvieron a partir de los datos registrados por el analizador de gases portátil (K4B2, Cosmed, Italia) y el pulsómetro sincronizado (Polar S610, Kempele, Finland). Para seleccionar dichos valores máximos, se hicieron promedios de los datos cada 15 segundos. Finalmente, se seleccionó el promedio de mayor valor mostrado durante la realización de la prueba.

### **Rutinas de CrossFit (EDD)**

Las participantes completaron dos rutinas de CrossFit separadas por al menos tres días y siguiendo un orden aleatorio. La primera sesión de entrenamiento o EDD, denominado “*Fran*”, consistió en la ejecución de 3 series de 21, 15 y 9 repeticiones, utilizando dos ejercicios (Sentadilla frontal con press de hombro y tracción en barra o dominadas). El objetivo de esta sesión (perteneciente a la modalidad *classic triplet*) es el de terminar todas las series establecidas en el menor tiempo posible.

El segundo EDD, denominado “*Cindy*” (perteneciente a la modalidad AMRAP), consistió en la realización del máximo número de series, de tres ejercicios (dominadas, flexión de brazos y

sentadillas), durante un tiempo predeterminado de 20 minutos, con un número preestablecido de repeticiones por ejercicio de 5, 10 y 15, respectivamente.

Durante los EDD, los sujetos estuvieron continuamente monitorizados mediante el analizador de gases portátil (K4B2, Cosmed, Italia) que cada participante portó en su espalda (McLaughlin, King, Howley, Bassett y Ainsworth, 2001) y un pulsómetro (Polar S610, Kempele, Finland) para estimar tanto el  $VO_2$  como la FC durante el desarrollo de ambas rutinas. El  $VO_2$  y la FC fueron determinados en intervalos de 15 segundos. La calibración del analizador se realizó cada día durante las diferentes sesiones, siguiendo las instrucciones especificadas por el fabricante.

Para el cálculo del GE se tomó como referencia la ecuación propuesta por Weir (1949), utilizando los valores obtenidos de  $VO_2$  y  $VCO_2$  a través del analizador de gases:

$$GE (Kcal \cdot min^{-1}) = 3.94 \cdot VO_2 (mL \cdot min^{-1}) + 1.106 \cdot VCO_2 (mL \cdot min^{-1})$$

Para analizar el RPE se utilizó la escala de percepción subjetiva del esfuerzo modificada por Foster (ver figura 2) (Foster et al., 2001). La escala se explicó antes del comienzo de los EDD, y las participantes tenían que responder a la pregunta: “¿Cómo crees que ha sido el ejercicio de duro?”, debiendo proporcionar numéricamente sus sensaciones durante el ejercicio realizado. Los periodos en los que fueron recogidos los datos son: en la rutina “Fran”, al finalizar cada una de las series de las que consta el entrenamiento; en la rutina “Cindy”, cada 7 minutos (tres veces en total). Y, por último, para obtener el RPE de la sesión de manera global (RPE<sub>sesión</sub>), las participantes debían responder a la siguiente pregunta después de 10 minutos de recuperación: “¿Cómo crees que ha sido de dura la sesión de manera global?”.

*Figura 2.* Tabla modificada de Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE) para que las participantes valoren su percepción de la intensidad en cada sesión de entrenamiento. (Foster et al., 2001).

<b><u>¿Cómo fue el ejercicio?</u></b>	
<b>0</b>	<b>Nada, inapreciable.</b>
<b>0,5</b>	<b>Extremadamente fácil.</b>
<b>1</b>	<b>Muy fácil.</b>
<b>2</b>	<b>Fácil o ligero.</b>
<b>3</b>	<b>Moderado.</b>
<b>4</b>	<b>Algo duro.</b>
<b>5</b>	<b>Duro.</b>
<b>6</b>	
<b>7</b>	<b>Muy duro.</b>
<b>8</b>	
<b>9</b>	
<b>10</b>	<b>Extremadamente duro.</b>

Las concentraciones de lactato sanguíneo (La) se determinaron mediante la toma de muestras de sangre capilar (25 uL), extraídas mediante punción del lóbulo de la oreja (Linderman et al., 1990; Forsyth y Farrally, 2000), que fueron recogidas durante las dos sesiones de entrenamiento. Para ambos EDD (“Fran” y “Cindy”), las tomas se realizaron en tres momentos: fase pre-rutina (antes de comenzar el calentamiento), fase post-rutina (al concluir el número de series (“Fran”) o el tiempo (“Cindy”) del que constaba el EDD correspondiente) y en la fase recuperación (una vez finalizada la rutina, durante los minutos 1, 3 y 5 de la recuperación). Todas las muestras fueron analizadas posteriormente mediante un analizador de lactato portátil (Lactate Scout, Senslab, Alemania), el cual precisa la concentración de Lactato de acuerdo al principio de determinación enzimática por reflexión fotométrica, en un tiempo de 60 s por dato, con un rango de medición en sangre de 0.5 mmol·L<sup>-1</sup> hasta 25.0 mmol·L<sup>-1</sup> (Tanner, Fuller y Ross, 2010).

## Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el programa de análisis estadístico SPSS.18.0 expresándose éstos como media  $\pm$  desviación típica. Con el fin de detectar diferencias entre grupos se usó la prueba T-Student para muestras relacionadas. Por otra parte, se intentó relacionar el rendimiento obtenido en ambas rutinas por medio de una correlación bivariada. En todos los casos se estableció un intervalo de confianza del 95% y se consideró significativo un valor de  $p < 0.05$ .

## Resultados

Durante la realización de la prueba de esfuerzo incremental Vameval, La  $FC_{\max}$  se situó en  $176 \pm 4.6$  latidos por minuto. Con respecto al  $VO_2$ , los valores obtenidos durante la prueba se situaron en  $51.4 \pm 4.9$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . En la tabla 2, se recogen los datos de las variables fisiológicas y perceptivas analizadas durante el estudio. Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ambos EDD en las variables del coeficiente respiratorio o RER ( $p < 0.01$ ) en el caso de la rutina *Fran* y en el gasto energético total o  $GE_{total}$  (Kcal) en la rutina *Cindy*. Sin embargo, para el resto de variables analizadas ( $VO_2$ ,  $La$  y  $FC$ ), no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 2. Variables controladas durante los EDD y diferencias significativas entre ambas.

	<b>Cindy (N=4)</b>	<b>Fran (N=4)</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>
$VO_2$ relativo ( $ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	$40.3 \pm 4$	$36.5 \pm 6.5$	0.17
% $VO_{2\max}$	$78.6 \pm 8.1$	$71 \pm 10.3$	0.17
FC (lpm)	$182.8 \pm 3$	$178.8 \pm 4.8$	0.10
% $FC_{\max}$	$103.9 \pm 2.5$	$101.6 \pm 4.4$	0.11
RPE sesión	$6.3 \pm 1.5$	$6.5 \pm 1.9$	0.79
GE relativo ( $Kcal \cdot min^{-1}$ )	$12.3 \pm 1$	$11.9 \pm 1.2$	0.58
GE Total (Kcal)	$307.9 \pm 24.6$	$119.4 \pm 28$	<.001
<i>La pre</i>	$1.3 \pm 0.2$	$1.4 \pm 0.4$	0.91
<i>La post (recuperación)</i>	$10.6 \pm 2.3$	$10.6 \pm 2.2$	1
<i>La 1'</i>	$11.2 \pm 2.4$	$11.6 \pm 4.6$	0.77

<i>La 3'</i>	11.4 ± 3.2	11.7 ± 2.0	0.86
<i>La 5'</i>	10.4 ± 2.2	12.7 ± 1.9	0.25
RER	0.9 ± 0.1	1.2 ± 0.01	0.007

\*  $VO_2$  relativo = media del consumo de oxígeno de la prueba; % $VO_{2max}$  = porcentaje de consumo de oxígeno de la prueba con respecto al máximo de los participantes; FC = frecuencia cardiaca máxima alcanzada durante la prueba; % $FC_{max}$  = porcentaje de la  $FC_{max}$  de la prueba en relación a la obtenida con el Vameval; RPE *sesión* = percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión completa; GE *relativo* = gasto energético medio por minuto; GE *total* = gasto energético de la sesión; *La pre* = lactato en sangre antes del calentamiento; *La post* = lactato medido inmediatamente después de realizar la rutina; *La 1', 3' y 5'* = lactato medido en los minutos 1, 3 y 5 de recuperación tras la rutina; RER: cociente respiratorio medio durante la rutina.

Para estudiar el rendimiento de las deportistas (Tabla 3), se realizó un análisis estadístico utilizando la correlación de *Pearson*. Se trató de mostrar si las deportistas que más rendimiento mostraban en la rutina “Fran” seguían mostrando un mayor rendimiento en la rutina “Cindy”, es decir, si las que mayor número de repeticiones realizaban la “Cindy” también eran las que menos tiempo tardaban en la “Fran”. El resultado obtenido fue una correlación negativa ( $r = -0.465$ ) no significativa ( $p = 0.535$ ) por lo que no se pudo confirmar que un mayor rendimiento en una rutina se correlacione con un mayor rendimiento en la otra.

Tabla 3: *Rendimiento de las participantes en los dos EDD.*

Sujeto	Cindy (N=4) (repeticiones)	Fran (N=4) (min:seg)
1	510	03:36
2	645	04:13
3	480	07:31
4	369	05:45
Media ± SD	501 ± 113.55	05:16 ± 1:45

## Referencias

- Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(2), 75–90.
- Buchheit, M., y Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338.
- Cazorla G. y Léger L. (1993). Comment évaluer et développer vos capacités aérobies. Epreuves de course navette et épreuve Vam-éval. *Editorial A.R.E.A.P.S.*
- Forsyth, J. J. y Farrally, M. R. (2000). A comparison of lactate concentration in plasma collected from the toe, ear, and fingertip after a simulated rowing exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 34(1):35-8.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., ... Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–15.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M. y Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–59.
- García, G. C., Secchi, J. D. y Cappa, D. F. (2013). Comparación del consumo máximo de oxígeno predictivo utilizando diferentes test de campo incrementales: UMTT, VAM-EVAL y 20m-SRT. *Archivos Medicina del Deporte*, 30(3), 156–162.
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J. y Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(Pt 5), 1077–84.

- Heredia, J. R., Peña, G., Mata, F., Isidro, F., Martín, f., Segarra, V., Martín, M., y Grigoletto, M. E. D. S. (2011). Entrenamiento “funcional” y “core”: revisión de tópicos, mitos, evidencias y nuevas propuestas. *Revista Digital 'EFDeportes.com'*, 194.
- Iaia, F. M., y Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 11–23.
- Kessler, H. S., Sisson, S. B. y Short, K. R. (2012). The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Medicine*; 42 (6): 489-509.
- Linderman, J., Fahey, T.D., Lauten, G., Brooker, A.S., Bird, D., Dolinar, B., Musselman, J., Lewis, S. y Kirk, L. (1990). A comparison of blood gases and acid-base measurements in arterial, arterialized venous, and venous blood during short-term maximal exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 61(3-4):294-301.
- McLaughlin, J. E., King, G. A., Howley, E. T., Bassett, D. R., y Ainsworth, B. E. (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *International Journal of Sports Medicine*, 22(4), 280–4.
- Shiraev, T. y Barclay, G. (2012). Evidence based exercise-clinical benefits of high intensity interval training. *Australian Family Physician*, 41 (12): 960-962.
- Skidmore, B. L., Jones, M. T., Blegen, M., y Matthews, T. D. (2012). Acute effects of three different circuit weight training protocols on blood lactate, heart rate, and rating of perceived exertion in recreationally active women. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(May), 660–668.
- Smith, M. M., Sommer, A. J., Starkoff, B. E., y Devor, S. T. (2013). Crossfit-Based High Intensity Power Training Improves Maximal Aerobic Fitness and Body Composition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 614.

- Tanner, R. K., Fuller, K. L. y Ross, M. L. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology*. 109(3):551-9.
- Thompson, P. D., Arena, R., Riebe, D., Pescatello, L. S. y American College of Sports Medicine (2013). ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Current Sports Medicine Reports*. 12(4):215-7.
- WEIR, J. B. (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The Journal of Physiology*, 109(1-2), 1-9.

