

RESPUESTA DE PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS A UNA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD TIPO CROSSFIT®¹

RESPOSTA HEMATOLÓGICA A UMA SESSÃO
DE TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA
INTENSIDADE TIPO CROSSFIT®

HEMATOLOGIC RESPONSE TO A CROSSFIT®-
BASED HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIT)
SESSION

Jorge Luis Petro²
Luis Idarraga³
Ancizar Buriticá⁴
Luis Eduardo Ramírez⁵
Diego A. Bonilla⁶

¹ El artículo es producto de la investigación “Respuesta hematológica, variaciones electrolíticas séricas y nivel de deshidratación en practicantes de crossfit®”, financiada por la Universidad de Córdoba (Montería - Colombia), registrada con el código: FE-10-15.

² Magíster en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte por la Universidad de Pamplona (Colombia). Director Grupo de Investigación en Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud; Docente de Tiempo Completo y Coordinador Semilleros de Investigación, Facultad de Educación y Ciencias Humanas, Universidad de Córdoba (Montería – Colombia). jorgelpetro@correo.unicordoba.edu.co

- ³ Licenciado en Educación Física, Recreación y Deportes, Universidad de Córdoba (Colombia). Investigador Grupo en Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud, Universidad de Córdoba (Montería – Colombia). luedito30@gmail.com
- ⁴ Licenciado en Educación Física, Recreación y Deportes, Universidad de Córdoba (Montería - Colombia). ancizarburitica@hotmail.com
- ⁵ Especialista en Gerencia Integral por el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (Colombia). Director Académico, GROUP FIT Colombia; Docente del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Educación Física, Recreación y Deporte (Medellín – Colombia). raluedo@hotmail.com
- ⁶ Magíster en Nutrición y Dietética por la Universidad Internacional Iberoamericana (México). Investigador en Grupo en Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud de la Universidad de Córdoba (Montería – Colombia), y en el Grupo de Investigación en Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá – Colombia). dabonilla@g-se.com

Petro, J. L., Idarraga L., Buriticá A., Ramírez L. E., & Bonilla, D. A. (2016). Respuesta de parámetros hematológicos a una sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad tipo crossfit®. *Educación Física y Deporte*, 35 (1), 43-62, Ene-Jun. <http://doi.org/10.17533/udea.efyd.v35n1a02>

RESUMEN

Objetivo: evaluar la respuesta hematológica a una sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad (EIAI) tipo CrossFit®. **Método:** estudio pre-experimental en el que participaron nueve hombres (25.4 ± 4.3 años), a quienes se les realizó un análisis de muestras sanguíneas antes y después de una sesión de EIAI, con una duración, en su fase principal, de 15 minutos. Las variables hematológicas fueron analizadas por un cuadro hemático de IV generación. **Resultados:** se presentó una diferencia significativa ($p < 0.05$) en los hematíes ($\% \Delta$: -1.35; ES: 0,222), concentración de hemoglobina ($\% \Delta$: -1,18; ES: 0,263), el porcentaje de hematocrito ($\% \Delta$: -1,72; ES: 0,448), el volumen corpuscular medio ($\% \Delta$: -0,47; ES: 0,108), el recuento de linfocitos ($\% \Delta$: -24,89; ES: 0,855) y los eosinófilos ($\% \Delta$: -24,32; ES: 0,290), al comparar las muestras antes y después de la sesión. **Conclusión:** se hace necesario profundizar en el estudio de variables hematológicas en el EIAI, de manera que permita optimizar parámetros de rendimiento, disminuir la prevalencia de lesiones y mejorar las estrategias nutricionales y de suplementación.

PALABRAS CLAVE: Ejercicio, Entrenamiento de Resistencia, Hematocrito, Leucocitos.

ABSTRACT

Aim: To evaluate the hematologic response to a CrossFit®-based high-intensity interval training (HIIT) session. **Method:** Pre-experimental study involving nine men (25.4 ± 4.3 years). In this study, blood samples were taken before and after a HIIT training session of 15 minutes in the main phase. Hematological variables were analyzed through a blood count of fourth generation. **Results:** The obtained results showed a significant difference ($p < 0.05$) in red blood cells ($\% \Delta$: -1.35; ES: 0,222), hemoglobin concentration ($\% \Delta$: -1,18; ES: 0,263), hematocrit percentage ($\% \Delta$: -1,72; ES: 0,448), Mean Corpuscular Volume ($\% \Delta$: -0,47; ES: 0,108), and lymphocyte ($\% \Delta$: -24,89; ES: 0,855), and eosinophils count ($\% \Delta$: -24,32; ES: 0,290) when comparing samples before and after the session. There were no significant changes in other parameters. **Conclusion:** It is necessary to go deeper in the study of hematological variables in the HIIT, in order to optimize performance parameters, decrease the prevalence of injuries, and improve nutrition and supplementation strategies.

KEYWORDS: Exercise, Resistance Training, Hematocrit, Leukocytes.

RESUMO

Objetivo: avaliar a resposta hematológica de uma sessão de treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) tipo CrossFit®. **Método:** estudo pre-experimental no qual se retirou mostras sanguíneas de 9 homens (25.4 ± 4.3 anos), antes e depois de uma sessão de CrossFIT®, com duração na fase principal de 15 minutos. As variáveis hematológicas foram analisadas por um quadro hemático de IV geração. **Resultados:** análise mostrou diferenças significativas ($p < 0.05$) nos hematies ($\% \Delta$: -1.35; ES: 0,222), concentração de hemoglobina ($\% \Delta$: -1,18; ES: 0,263), percentagem de hematócrito ($\% \Delta$: -1,72; ES: 0,448), volume corpuscular médio ($\% \Delta$: -0,47; ES: 0,108), quantidade de linfócitos ($\% \Delta$: -1,72; ES: 0,448) e eosinófilos ($\% \Delta$: -24,32; ES: 0,290). Nos outros parâmetros do quadro hemático não houve diferenças significativas. **Conclusão:** de acordo com esses resultados, nota-se a necessidade de aprofundar os estudos hematológicos, para se aperfeiçoar parâmetros de rendimento, diminuição de riscos de lesões e melhorar a intervenção nutricional e de suplementação nesse tipo de treinamento.

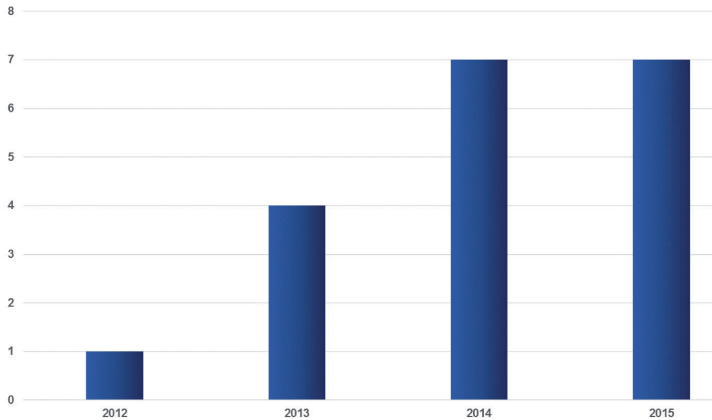
PALAVRAS CHAVE: Exercício, Treinamento de Resistência, Hematócrito, Leucócitos.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento interválico de alta intensidad (EIAI) tipo CrossFIT®, es una forma de entrenamiento que actualmente tiene mucho auge en el medio del acondicionamiento físico. De acuerdo con el creador de este sistema de entrenamiento, Greg Glassman, el CrossFit® comprende toda una gama de movimientos funcionales, con constante variación y que son realizados a una alta intensidad (Glassman, 2010). Señala que se trata de “un programa de fuerza central y de acondicionamiento [...] diseñado para brindar una respuesta de adaptación tan amplia como sea posible”. La variedad de ejercicios que comprende el CrossFIT®, y la posibilidad de realizarlos de forma individual o colectiva, supone una alta motivación en los entrenamientos del día (WOD, por sus siglas en inglés).

La creciente popularidad del EIAI no se queda solamente en el ámbito del *fitness*, y algunos investigadores han centrado su atención en estudiar diversos marcadores del rendimiento físico (capacidad funcional, composición corporal, entre otros) e indicadores asociados con el riesgo de distintas lesiones en este tipo de entrenamiento (Sprey et al., 2016; Summitt et al., 2016). En este sentido, en una búsqueda de artículos científicos relacionados con el EIAI tipo CrossFit®, en la base de datos PubMed se encontraron diversas publicaciones con descriptores específicos (*CrossFit + Training*), situando la mayor cantidad de artículos en los años 2014 y 2015 (Gráfica 1).

De los trabajos encontrados, llama la atención la investigación de Hak et al. (2013), donde se estableció que las lesiones más frecuentes en 132 practicantes de EIAI (CrossFit®) se presentaban en la articulación del hombro (25.8%) y la columna vertebral (20%); además, se reportó que el 7% de las lesiones necesitaron intervención con procedimientos quirúrgicos. En el campo de la bioquímica y la fisiología del ejercicio, investigaciones como la de Kliszczewicz et al. (2015) evaluaron la res-



Gráfica 1. Trabajos publicados sobre EIAI tipo CrossFit®, recuperados en PubMed, a noviembre de 2015.

puesta aguda al EIAI, empleando biomarcadores de estrés oxidativo en el plasma sanguíneo (e.g. peroxidación lipídica, poder antioxidante de reducción, capacidad antioxidante del plasma sanguíneo), determinando que la intensidad de la sesión de entrenamiento y el tiempo de recuperación tiene una incidencia importante en dichos marcadores.

Otra de las respuestas de gran interés que se ha estudiado en las ciencias biológicas del ejercicio, pero muy pocas en el EIAI, es la respuesta hematológica a la carga del entrenamiento, proporcionando información valiosa sobre los estados agudos y crónicos de distintos parámetros sanguíneos relacionados con el rendimiento físico, el estado nutricional y la salud (Bonilla, 2005; Caulfield et al., 2016; Profil, 2014; Robinson et al., 2006; Schumacher et al., 2002). Dentro de estas respuestas, se destaca la de los leucocitos (recuento total y subpoblaciones) y de citoquinas, donde se ha encontrado que la actividad física intensa favorece la inmunosupresión y el incremento de citoquinas pro-inflamatorias (Gleeson, 2006, 2007; Izquierdo et al., 2009; Lancaster et al., 2004; Pedersen & Hoffman, 2000).

Estas modificaciones de parámetros hematológicos (e.g. hemoglobina, hematocrito, concentraciones de hematíes y leucocitos) por el ejercicio físico, que dependen de una serie de factores, entre los cuales están principalmente la duración e intensidad del esfuerzo, están poco estudiados en entrenamiento intensos de corta duración, en comparación con deportes de resistencia. Al respecto, se encuentra poca literatura sobre las respuestas o alteraciones (agudas o crónicas) de parámetros hematológicos, como los ya mencionados, en practicantes de EIAI.

En vista de lo anterior, el presente estudio tuvo como propósito evaluar la respuesta hematológica de practicantes de EIAI tipo CrossFit®, en una sesión de entrenamiento, bajo condiciones de entrenamiento real, para comprender y analizar los efectos de este tipo entrenamiento sobre las variables de estudio seleccionadas.

METODOLOGÍA

Diseño metodológico del estudio

El estudio se enmarca bajo un enfoque cuantitativo, siendo secuencial (por etapas que guardan un orden metodológico entre sí) y probatorio, destacándose la recolección protocolizada de datos, y luego el análisis estadístico, indispensable para el desarrollo de la investigación (Hernández et al., 2014).

Según el diseño de la investigación empleado, este estudio es pre-experimental, debido a que se contó con un grupo de intervención, sin grupo de control y con mediciones de las variables de estudio antes y después de la sesión de entrenamiento (Hernández et al., 2014):

$$G_{\text{estudio}} O_1 \times O_2$$

Dónde: G_{estudio} es el grupo de estudio, O_1 es el pretest, O_2 es el posttest y X es la intervención con la sesión de EIAl. En este tipo de diseño se tiene en cuenta que no se puede controlar plenamente de forma rigurosa todas las variables intervinientes que pueden influir en el comportamiento de las variables de estudio; sin embargo, se tomaron todas las medidas para tener un mayor control del diseño, permitiendo, en lo posible, la validación interna y externa del ensayo experimental.

Grupo Experimental

La población objeto de estudio fueron los practicantes de EIAl de un gimnasio de la ciudad de Montería (Colombia). La unidad de análisis (unidad experimental) para el diseño, fue determinada de acuerdo a los criterios de selección (inclusión y exclusión) para este estudio. En este sentido, se escogieron los sujetos que cumplieron los siguientes criterios de inclusión:

- Sujetos adultos de sexo masculino físicamente activos (se evaluó la aptitud cardiorespiratoria con un test físico de campo: IFT 30-15), con experiencia en EIAl tipo CrossFit® mínimo de 8 meses.
- Sujetos que firmaron voluntariamente el consentimiento informado, tal como lo establece la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, siguiendo las directrices del Comité de ética de la Universidad de Córdoba.
- Sujetos que diligenciaron el cuestionario PAR-Q, y cuyas respuestas fueron negativas.

Se establecieron los siguientes criterios de exclusión:

- Sujetos que no cumplieron con todas las evaluaciones para la obtención de los datos de las distintas variables de estudio.
- Sujetos bajo tratamiento farmacológico antes o durante el diseño experimental.

- Sujetos que no siguieron las indicaciones de entrenamiento previas o durante el diseño experimental.

Teniendo en cuenta los criterios mencionados, el grupo experimental estuvo conformado por 9 sujetos de sexo masculino (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización del grupo Experimental. * Evaluada por Bioimpedancia Eléctrica (BIA) - ** Evaluado por el IFT 30-15

Características	Media ± Desv. Típ.
Edad (años)	25.4 ± 4.3
Talla (cm)	172.7 ± 6.1
Masa Corporal (kg)	76.8 ± 12.9
M. Adiposa (%)*	12.1 ± 5.5
VO2máx (mL/kg/min)**	48,1± 3,1

Recolección de muestras / técnicas de medición

Para la obtención de los datos de las variables sanguíneas de estudio (Tabla 2), se aplicaron pruebas protocolizadas de acuerdo a las características del procedimiento establecido. De esta forma, la recolección y análisis de muestras sanguíneas para el hemograma de IV generación, fueron realizadas por bacteriólogos de un laboratorio clínico de la ciudad de Montería, que cuenta con certificación de gestión de calidad (ISO 9001:2000). Las muestras sanguíneas fueron obtenidas en el lugar del entrenamiento y procesadas en el laboratorio.

Sesión de EIAI

Para la manipulación de la variable independiente (carga de la sesión de entrenamiento), se programó un EIAI, planificado por un entrenador cualificado. Previamente se realizó, el calentamiento por 10 minutos, seguido de 15 minutos de AMRAP (*Many Rounds/Reps As Possible*), con los ejercicios: 7 Deadlift (~115 lb),

Tabla 2. Caracterización de las variables de estudio sanguíneo (cuantitativas-continuas) a través del hemograma de IV generación.

Variable	Unidad de Medida
Hematies	x 10 ⁶ /μL
Hemoglobina	g·dL ⁻¹
Hematocrito (Hto)	%
Volumen Corpuscular Medio (MCV)	femtolitros (fL)
Hemoglobina Corpuscular Media (MCH)	picogramos (pg)
Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (MCHC)	g·dL ⁻¹
Recuento de Leucocitos	
Recuento de Linfocitos	
Recuento de Neutrófilos	
Recuento de Monocitos	x 10 ³ ·μL ⁻¹
Recuento de Eosinófilos	
Recuento de Basófilos	

8 *Box jumps over* (saltos al cajón), 9 Burpees y 100 m *Sprint*. La fase de vuelta a la calma tuvo una duración de 5 minutos, donde se realizaron ejercicios de movilidad de baja intensidad.

El entrenamiento se realizó después de 72 horas de recuperación de algún tipo de esfuerzo importante por los sujetos que participaron en el estudio.

Para el monitoreo de la intensidad del entrenamiento, se utilizaron parámetros fisiológicos como la escala de percepción del esfuerzo (Naclerio, 2008; Naclerio et al. 2009), y se realizó el registro de la frecuencia cardiaca durante la sesión de entrenamiento, con un monitor Polar® RS100. La frecuencia cardiaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) se calculó por la ecuación univariada de Inbar (Inbar et al., 1994; Robergs & Landwehr, 2002):

$$FC_{\text{máx.}} = 205.8 - (0.685 \times \text{edad})$$

Recomendaciones sobre la suplementación y de hidratación

A los participantes en el estudio, se les hizo recomendaciones sobre alimentación saludable, con base en los lineamientos generales de la OMS (2015) y se les solicitó suspender cualquier suplementación nutricional, 3 semanas previas a la aplicación de la sesión de entrenamiento. Como se mencionó, excluyó del estudio a los sujetos bajo tratamiento farmacológico.

En cuanto a la hidratación, se les pidió tomar solo agua a voluntad (*ad libitum*), durante el entrenamiento, obedeciendo a su instinto de su sed.

Tratamiento estadístico

Con la información recolectada mediante las técnicas de medición empleadas, se elaboró una matriz de datos en el programa informático Microsoft® Excel® 2010. Posteriormente, con el programa SPSS® versión 20 para Windows® 10, se procedió a realizar pruebas de verificación de normalidad de los datos (Test de Shapiro–Wilk) y de estadística descriptiva (media y desviación estándar). Además, se estableció el intervalo de confianza para la media al 95%.

La comparación entre las medias de la pre-sesión y la post-sesión, se realizó a través de la prueba *t-student* pareada, con una confiabilidad de 95%. De forma complementaria, se estableció el tamaño del efecto (ES) con la prueba *d* de Cohen. El porcentaje de cambio (% Δ) se determinó con la ecuación:

$$\% \Delta = \frac{\text{Test Postsesión} - \text{Test Presesión}}{\text{Test Presesión}} \times 100$$

RESULTADOS

Conforme al diseño de investigación implementado en el estudio, los participantes fueron sometidos a una sesión de EIAI, aplicándoles las técnicas de obtención de datos (hemograma de IV generación) antes y después de la misma. Este entrenamiento se desarrolló en un ambiente caluroso (25 °C de temperatura, 49 m sobre el nivel del mar).

La sesión de EIAI tuvo una duración en su parte principal de 15 minutos (tiempo total de ~30 minutos), desarrollada a una intensidad “cercana al maximal” o “maximal”, en vista de que se trabajó al 91.3 ± 6.8 % de la FCM predicha por la ecuación de Inbar. Del mismo modo, los sujetos reportaron una RPE de

7.4±0.9 durante la fase principal del entrenamiento, intensidad que se cataloga como “fuerte”.

En cuanto a las variables hematológicas de estudio, como el recuento de los hematíes, el % del hematocrito (Hto), la hemoglobina e índices relacionados, se encontraron, en estado basal, en los valores normales para la edad y sexo de los sujetos (Tabla 3). De igual forma, los leucocitos se encontraron en los valores normales, tanto en el recuento total como en las subpoblaciones de estas células (Tabla 4).

Tabla 3. Resultados de variables de la serie roja e indicadores asociados, los resultados son expresados en media ± desviación estándar (intervalo de confianza para la media al 95% de confiabilidad). ES: Tamaño del efecto.

<i>Variable</i>	<i>Pre-sesión</i>	<i>Pos-sesión</i>	<i>Δ (%)</i>	<i>p value</i>	<i>ES</i>
Hematíes (x10 ⁶ /μL)	5.17±0.34 (4.91-5.43)	5.10±0.29 (4.88-5.33)	-1,35	0.023	0,222
Hemoglobina (g-dL ⁻¹)	15.19 ± 0.69 (14.66-15.71)	15.01 ± 0.68 (14.49-15.53)	-1.18	0,035	0,263
Hematocrito (%)	45.81 ± 1.87 (44.37-91.89)	45.02 ± 1.65 (43.75-46.29)	-1,72	0,047	0,448
MCV (fL)	88.80 ± 4.02 (85.71-91.89)	83.38 ± 3.79 (85.46-91.29)	-0,47	0,018	0,108
MCH (pg)	29.49 ± 1.51 (28.23-30.65)	29.49 ± 1.55 (28.30-30.68)	0,00	NS	0,000
MCHC (g-dL ⁻¹)	22.23 ± 0.61 (32.77 ± 33.70)	33.34 ± 0.78 (32.74-33.95)	0,33	NS	-0,157

Tabla 4. Resultados de las variables sanguíneas de la serie blanca (leucocitos). Los resultados son expresados en media ± desviación estándar (intervalo de confianza para la media al 95% de confiabilidad). ES: Tamaño del efecto.

<i>Variable</i>	<i>Pre-sesión</i>	<i>Pos-sesión</i>	<i>Δ (%)</i>	<i>p value</i>	<i>ES</i>
Leucocitos (x 10 ³ -μL ⁻¹)	6.37 ± 2.16 (4.71 - 8.03)	6.39 ± 2.41 (4.38 - 8.40)	0,31	NS	-0,009
Linfocitos (x 10 ³ -μL ⁻¹)	2.29 ± 0.53 (1.89 - 2.70)	1.72 ± 0.78 (1.11 - 2.32)	-24,89	0.020	0,855

Petro, J. L., Idarraga L., Buritica A., Ramirez L. E., & Bonilla, D. A. (2016).

Respuesta de parámetros hematológicos a una sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad tipo crossfit®

Variable	Pre-sesión	Pos-sesión	Δ (%)	p value	ES
Neutrófilos (x 10 ³ ·μL ⁻¹)	3.20 ± 1.41 (2.11 - 4.29)	3.66 ± 1.76 (2.31 - 5.01)	14,38	NS	-0,288
Monocitos (x 10 ³ ·μL ⁻¹)	0.49 ± 0.25 (0.29 - 0.68)	0.44 ± 0.24 (0.26 - 0.63)	-10,20	NS	0,204
Eosinófilos (x 10 ³ ·μL ⁻¹)	0.37 ± 0.31 (0.14 - 0.61)	0.28 ± 0.31 (0.04 - 0.52)	-24,32	0.007	0,290
Basófilos (x 10 ³ ·μL ⁻¹)	0.03 ± 0.02 (0.02 - 0.04)	0.03 ± 0.01 (0.02 - 0.04)	0,00	NS	0,000

Los resultados estadísticos de comparación de medias, mostraron una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en los hematíes, la concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito (siendo tamaño del efecto pequeño para estas variables). En cuanto a los índices hematimétricos, se encontró diferencia significativa en el Volumen Corpuscular Medio (MCV), pero con un tamaño del efecto pequeño. En la Hemoglobina Corpuscular Media (MHC) y la Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (MCHC) no se encontraron diferencias significativas (Tabla 3).

En cuanto a las células de la serie blanca (leucocitos), solo se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en los linfocitos (tamaño del efecto grande) y eosinófilos (tamaño del efecto pequeño), disminuyendo el recuento de éstos posterior a la sesión de entrenamiento (Tabla 4).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El diseño de investigación del estudio, permitió establecer la respuesta de indicadores hematológicos a una sesión de EIAI tipo CrossFit®. En la mayor parte de los indicadores hematológicos relacionados con los glóbulos rojos y la hemoglobina, se encontraron diferencias estadísticamente significativas, tal como el Hto, la hemoglobina y el VCM (que expresa el valor medio del

volumen de los hematíes). Las alteraciones agudas inducidas por el ejercicio se pueden dar por la deshidratación y la disminución del volumen sanguíneo total (Bonilla, 2005; Shaskey & Green, 2000). Esta reducción del volumen plasmático puede producir, a su vez, una hemoconcentración e incremento en la viscosidad sanguínea, lo cual deteriora el flujo sanguíneo y limita el transporte de oxígeno, especialmente cuando el Hto excede el 60% (Orrego & Monsalve, 2006). Sin embargo, en el presente estudio no se aumentó el Hto posterior al entrenamiento, pudiendo indicar que se conservó el volumen plasmático acorde a los niveles fisiológicos establecidos. Además, la ingesta de líquido a voluntad durante la sesión de entrenamiento EIAI, mostró ser un mecanismo adecuado para mantener los valores de indicadores de Hto y demás parámetros relacionados en los rangos de normalidad.

Es preciso destacar que el EIAI o cualquier actividad física extenuante realizada en ambientes calurosos, puede provocar cambios hematológicos notorios si no se realiza la reposición de fluidos de forma indicada. Probablemente, los niveles sanguíneos se ven afectados o disminuidos en este tipo de ejercicio (más en ambientes calurosos, como en Montería, Colombia, donde la temperatura oscila entre 28-31 °C), por el aumento progresivo en la temperatura corporal, el incremento en la velocidad de la sangre y, aunque se requiere más investigación al respecto, por posible hemólisis plantar debido a la ejecución de *burpees*, saltos en cajón y los propios *Sprint*.

En tal sentido, el desplazamiento de fluidos entre los diferentes compartimentos del cuerpo humano (Rosés & Pujol, 2006) a causa de las tasas de sudoración excesiva, pueden provocar una reducción marcada del volumen plasmático y comprometen, de esta manera, el flujo de sangre e incrementan el nivel de fatiga y el riesgo de complicaciones por estrés por calor (Armstrong et al., 2007; Hosokawa et al., 2014). En atención a lo anterior, se recomienda prestar atención a la rehidratación en el EIAI, de acuerdo a las demandas hidro-electrolíticas y de sustratos

energéticos (e.g. glúcidos) requeridos. En el caso específico de este estudio, la ingesta de agua a voluntad fue suficiente para mantener los parámetros hematológicos dentro de los valores normales, para la edad y sexo de los sujetos estudiados.

Por otro lado, los resultados del recuento de hematíes, hemoglobina y Hto en los sujetos de investigación se encontraron dentro de los valores de referencia reportados en el estudio de Schumacher et al. (2002). Del mismo modo, el recuento de glóbulos rojos y porcentaje de Hto estuvo un poco por debajo de los atletas de resistencia y fuerza obtenidos por Schumacher et al. (2002), mientras que la concentración de hemoglobina fue similar a la descrita en deportistas de resistencia y disciplinas mixtas (fuerza y resistencia) del estudio en mención (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de parámetros sanguíneos de diferentes atletas según el estudio de Schumacher et al. (2002) comparados con los *sujetos del presente estudio. Nota: Valores en estado de reposo.

	RBC($10^6\mu\text{L}^{-1}$)	Hb (g·dL⁻¹)	Hct(%)
Rango normal	4.2-6.3	12-18	37-54
Atletas	5.33±0.43 ²	15.9±1.1	47.1±3.6
Sedentarios	5.24±0.35 ¹	15.9±1.0	46.9±3.1
Resistencia	5.25±0.47 ⁵	15.8±1.1 ⁵	46.6±4.0 ⁵
Mixto	5.37±0.36 ⁵	15.9±1.0 ⁵	47.6±3.1
Fuerza	5.48±0.34 ^{3,4}	16.3±0.9 ^{3,4}	48.1±2.9 ³
Corredores	5.25±0.4	15.9±1.1	47.0±3.3
Ciclistas	5.26±0.5	15.7±1.1	46.5±4.3
Practicantes EIAI*	5.17 ± 0.34	15.19 ± 0.69	45.81 ± 1.87

De acuerdo con estos resultados, coincidimos con las conclusiones realizadas por Schumacher et al. (2002), quienes establecen que el entrenamiento físico en sí no tiene efecto significativo sobre las variables hematológicas de estudio en comparación con los sujetos no entrenados (Tabla 5). Pero como bien lo expresan los autores citados, el tipo específico

y duración del ejercicio es de gran importancia en las adaptaciones del sistema sanguíneo y metabolismo del hierro. En relación a esto, postulamos la importancia del control hematológico (incluyendo indicadores del estatus del hierro) en EIAI tipo CrossFit® a mediano y largo plazo.

En relación a las células del sistema inmune, se presentó una leve elevación de los leucocitos totales, pero esta no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$). Dentro de estas células, solo se encontró diferencia significativa en los linfocitos y los eosinófilos, que disminuyeron tras la sesión del ejercicio físico. Estos hallazgos no coinciden con algunos reportados en la literatura científica, donde se ha estipulado que los linfocitos y sus subpoblaciones generalmente se incrementan durante e inmediatamente después del entrenamiento de resistencia de moderada y alta intensidad (Plowman & Smith, 2013) y en el entrenamiento de la fuerza (Freidenreich & Volek, 2012). De acuerdo con lo expresado, en ejercicios de resistencia (Endurance) de intensidad moderada y prolongada (1-3 hr) y en ejercicios de alta intensidad, se da un aumento del recuento de los leucocitos, pero particularmente el mayor incremento se presenta en el ejercicio de alta intensidad, donde se da un aumento del 200-300% de estas células; en esta misma línea, se ha registrado un mayor aumento de neutrófilos en ejercicios intensos (300%) y de monocitos (50-100%), en comparación con ejercicios de intensidad y volumen moderado. En lo que respecta a las células del sistema inmune adaptativo (Células T y B), se ha encontrado un aumento de las células T durante o inmediatamente posterior al esfuerzo físico (sobre todo en el de mayor intensidad), con tendencia después a disminuir en el periodo de recuperación (Plowman & Smith, 2013).

En el EIAI, Plowman & Smith (2013) plantean que hay un aumento de leucocitos del 65-80% durante e inmediatamente después del esfuerzo, mientras que los neutrófilos presentan un incremento del 25% y los monocitos del 40-50%. En las células

del sistema inmune adaptativo, se reporta un mayor incremento en las células T (60-100%) en comparación con las células B (0-7%), destacándose la disminución observada en las células T tras 1-2 h en este modelo de esfuerzo.

En cuanto al efecto del ejercicio de fuerza sobre las alteraciones de leucocitos y sus subpoblaciones, existen menores reportes en proporción a los estudios realizados en ejercicios de resistencia. La revisión realizada por Freidenreich & Volek (2012), estableció que, tras una sesión de ejercicio de fuerza, las células del sistema inmune innato, como células NK (*natural killer*), monocitos y neutrófilos están preferentemente elevados en la circulación, mientras que las células del sistema inmune adaptativo –células T y B– muestran una menor magnitud de la respuesta. Los cambios en la redistribución de leucocitos generalmente siguen un patrón temporal específico en sujetos jóvenes estudiados. Cabe anotar, que estas alteraciones de los monocitos y neutrófilos son atribuidas a los procesos de la reparación y regeneración del tejido.

Existen pocos datos documentados de la respuesta de leucocitos en el EIAI tipo CrossFit®. Los resultados al respecto encontrados en esta investigación guardan ciertas similitudes y diferencias en comparación con otros estudios de fuerza (con protocolos clásicos de entrenamiento) que han evaluado esta respuesta aguda. Por ejemplo, en el estudio de Kraemer et al. (1996), se midió el recuento total y las subpoblaciones de leucocitos en sujetos sometidos a entrenamiento intenso de fuerza (ejercicio de leg-press), reportando un incremento significativo en los leucocitos totales, pero en la subpoblaciones de éstos no se encontraron diferencias. El estudio de Simonson & Jackson (2004) evaluó la respuesta aguda a un protocolo simple de entrenamiento de fuerza (3 series x 8-10 repeticiones al 75% 1RM, de ejercicios de musculación), encontrando un incremento en las subpoblaciones de leucocitos, exceptuando a los basófilos y los eosinófilos. En esta misma línea, Nieman et al. (2005) ha-

llaron diferencias en subpoblaciones de leucocitos tras entrenamiento de fuerza, no obstante, tampoco encontraron diferencia en los basófilos y los eosinófilos.

Como conclusión de los resultados obtenidos en este estudio, se puede establecer que se han encontrado ciertas diferencias en algunas variables hematológicas, como es la hemoglobina, los hematíes, el Hto, el MCV, el recuento de linfocitos y los eosinófilos, destacándose que, en general, estos indicadores tendieron a disminuir.

El seguimiento a mediano y largo plazo de estas variables permitirá tener una mejor comprensión y hacer reproducibles los resultados con respecto al impacto del EIAI sobre las alteraciones hematológicas (positivas o negativas) en sujetos que practican esta modalidad de entrenamiento. De esta manera, se posibilitará la optimización de dicho régimen de entrenamiento, y la planificación de estrategias nutricionales y de suplementación deportiva, como requerimientos calóricos, tiempos de consumo de macronutrientes, anti-oxidantes y minerales, con el objetivo de mejorar el rendimiento y la salud de los practicantes.

Finalmente, consideramos que este estudio aporta información que puede ser útil para avanzar en los procesos académicos y de investigación en el EIAI en Colombia.

REFERENCIAS

1. Armstrong, L., Casa, D., Millard, M., Moran, D., Pyne, S., & Roberts, W. (2007). Exertional Heat Illness during Training and Competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(3), 556-572.
2. Bonilla, J. (2005). Respuesta hematológica al ejercicio. *Revista Ciencias de la Salud*, 3(2), 206-216.
3. Caulfield, S., McDonald, K., Dawson, B., Stearne, S., Green, B., Rubenson, J., Clemons, T., & Peeling, P. (2016). A comparison of haemolytic responses in fore-foot and rear-foot distance runners. *Journal of Sports Sciences*, 34(15), 1485-1490.

4. Freidenreich, D., & Volek, J. (2012). Immune responses to resistance exercise. *Exercise Immunology Review*, 18(16), 8-41.
5. Glassman, G. (2010). The CrossFit training guide. *CrossFit Journal*, 1-115.
6. Gleeson, M. (2006). *Immune function in sport and exercise*. UK: Elsevier Health Sciences.
7. Gleeson, M. (2007). Immune function in sport and exercise. *Journal of Applied Physiology*, 103(2), 693-699.
8. Hak, P., Hodzovic, E., & Hickey, B. (2013). The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi:10.1519/jsc.0000000000000318
9. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª Ed.). México: McGraw-Hill.
10. Hosokawa, Y., Adams, W., Stearns, R., & Casa, D. (2014). El golpe de calor en la actividad física y el deporte. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 12(2), 23-43.
11. Inbar, O., Oren, A., Scheinowitz, M., Rotstein, A., Dlin, R., & Casaburi, R. (1994). Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(5), 538-546.
12. Izquierdo, M., Ibañez, J., Calbet, J. A., Navarro, I., González, M., Idoate, F., Häkkinen, K., Kraemer, W., Palacios, M., Almar, M., & Gorostiaga, E. (2009). Cytokine and hormone responses to resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 107(4), 397-409.
13. Kliszczewicz, B., John, Q., Daniel, B., Gretchen, O., Michael, E., & Kyle, T. (2015). Acute exercise and oxidative stress: CrossFit™ vs. Treadmill Bout. *Journal of Human Kinetics*, 47(1), 81-90.
14. Kraemer, W., Clemson, A., Triplett, N., Bush, J., Newton, R., & Lynch, J. (1996). The effects of plasma cortisol elevation on total and differential leukocyte counts in response to heavy-resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(1-2), 93-97.
15. Lancaster, G., Halson, S., Khan, Q., Drysdale, P., Wallace, F., Jeukendrup, A., Drayson, M., & Gleeson, M. (2004). Effects of acute exhaustive exercise and chronic exercise training on type 1 and type 2 T lymphocytes. *Exercise Immunology Review*, 10, 91-106.
16. Naclerio, F. (2008). Variables a considerar para programar y controlar las sesiones de entrenamiento de fuerza. *PubliCE Premium*, Pid:1062
17. Naclerio, F., Barriopedro, I., & Rodríguez, G. (2009). Intensity measurement in strength trainings through subjective perception of effort. *Kronos. Rendimiento en el Deporte*, 8(14), 59-66.

18. OMS Organización Mundial de la Salud (2015). *Alimentación Sana*. Nota Descriptiva No.394 Recuperado de <http://www.who.int/media-centre/factsheets/fs394/es/>
19. Orrego, M., & Monsalve, D. (2006). Laboratorio clínico y ejercicio. En F. Marino & O. Cardona (Eds.), *Medicina del deporte*. Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas.
20. Pedersen, B., & Hoffman, L. (2000). Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiological Reviews*, 80(3), 1055-1081.
21. Plowman, S., & Smith, D. (2013). *Exercise physiology for health fitness and performance*. USA: Lippincott Williams & Wilkins.
22. Profil, A. (2014). Acute hematological profile response to one session of aerobic and anaerobic exercise among young male kickboxers. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 60(2), 92-97.
23. Robergs, R., & Landwehr, R. (2002). The surprising history of the "HR-max= 220-age" equation. *Journal of Exercise Physiology*, 5(2), 1-10.
24. Robinson, Y., Cristancho, E., & Boning, D. (2006). Intravascular hemolysis and mean red blood cell age in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(3), 480-483.
25. Rosés, J., & Pujol, P. (2006). Hidratación y ejercicio físico. *Apunts Medicina de l'Esport*. 2006, 41, 70-77.
26. Ministerio Salud. *Resolución Número 8430 de 1993. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*. Colombia: El Ministerio.
27. Schumacher, Y., Schmid, A., Grathwohl, D., Bultermann, D., & Berg, A. (2002). Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(5), 869-875.
28. Shaskey, D., & Green, G. (2000). Sports haematology. *Sports Medicine*, 29(1), 27-38.
29. Simonson, S., & Jackson, C. (2004). Leukocytosis occurs in response to resistance exercise in men. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 266-271.
30. Sprey, J., Ferreira, T., de Lima, M., Duarte, A., Jr., Jorge, P., & Santili, C. (2016). An epidemiological profile of crossfit athletes in Brazil. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 4(8), 1-8.
31. Summitt, R., Cotton, R., Kays, A., & Slaven, E. (2016). Shoulder injuries in individuals who participate in CrossFit Training. *Sports Health*, 8(6), 541-546.

Recibido: 2016-04-05

Aprobado: 2016-05-31

Petro, J. L., Idarraga L., Buritica A., Ramirez L. E., & Bonilla, D. A. (2016). Respuesta de parámetros hematológicos a una sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad tipo crossfit®