



## Trabajo Original

Otros

### Influencia del entrenamiento en fútbol sobre parámetros de estrés oxidativo en eritrocitos *Influence of soccer training on parameters of oxidative stress in erythrocytes*

Jesús Siquier Coll<sup>1</sup>, Diego Muñoz Marín<sup>1</sup>, Francisco Javier Grijota Pérez<sup>2</sup>, Ignacio Bartolomé Sánchez<sup>1</sup>, María Concepción Robles Gil<sup>1</sup>, Julio Montero Arroyo<sup>1</sup> y Marcos Maynar Mariño<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. Cáceres. <sup>2</sup>Facultad de Formación del Profesorado. Universidad de Extremadura. Cáceres

#### Resumen

**Introducción:** cualquier situación de estrés, entre las cuales se incluye la realización de ejercicio físico, implica la posibilidad de una excesiva producción de radicales libres y, por acción de estos, un estrés oxidativo en las células. Para combatir estos efectos, las células disponen de unos mecanismos de defensa denominados sistemas antioxidantes.

**Objetivos:** el objetivo del presente estudio se basa en analizar los posibles cambios fisiológicos en relación a parámetros relacionados con el estrés oxidativo (MDA) y con la actividad antioxidante (vitamina A, vitamina C y vitamina E) en los eritrocitos de jugadores profesionales de fútbol, en comparación con sujetos no entrenados.

**Métodos:** cuarenta y dos varones divididos en 21 jugadores de fútbol (SG) (24,95 ± 3,03 años) y 21 estudiantes sedentarios (CG) (23,71 ± 2,42 años) participaron en el estudio. Se les evaluaron los niveles basales de MDA, vitamina C, vitamina A y vitamina E en eritrocitos, así como las características antropométricas y el VO<sub>2</sub>max.

**Resultados:** se observaron diferencias significativas en las características antropométricas (p < 0,05) y VO<sub>2</sub>max (p > 0,01). SG presentó niveles estadísticamente inferiores de MDA (p > 0,01), vitamina C (p > 0,05), vitamina E (p > 0,05) y vitamina A (p > 0,01).

**Conclusiones:** existe un mayor estrés oxidativo en jugadores de fútbol que en sedentarios, por lo que puede ser necesaria una suplementación con antioxidantes en este grupo.

#### Palabras clave:

Estrés oxidativo.  
Malondialdehído.  
Actividad antioxidante  
no enzimática.

#### Abstract

**Introduction:** the situations of stress among which physical exercise is included imply the possibility of an excessive production of free radicals and, by their action, an oxidative stress in the cells. To combat these effects, cells have defense mechanisms called antioxidant systems.

**Objectives:** the objective of this study is to analyze the possible physiological changes in relation to parameters related to oxidative stress (MDA) and antioxidant activity (vitamin A, vitamin C and vitamin E) in the erythrocytes of professional soccer players, in comparison with untrained subjects.

**Methods:** forty-two men divided into 21 soccer players (SG) (24.95 ± 3.03 years) and 21 sedentary students (CG) (23.71 ± 2.42 years) participated in the study. Their basal levels of MDA, vitamin C, vitamin A and vitamin E in erythrocytes, as well as their anthropometric characteristics and VO<sub>2</sub>max, were evaluated.

**Results:** significant differences were observed in the anthropometric characteristics (p < 0.05) and VO<sub>2</sub>max (p > 0.01). SG presented statistically lower levels of MDA (p > 0.01), vitamin C (p > 0.05), vitamin E (p > 0.05) and vitamin A (p > 0.01).

**Conclusions:** there is higher oxidative stress in soccer players than in sedentary players and it may be necessary to supplement with antioxidants in this group.

#### Key words:

Oxidative stress.  
Malondialdehyde.  
Non-enzymatic  
antioxidant activity.

Recibido: 31/10/2018 • Aceptado: 30/03/2019

Siquier Coll J, Muñoz Marín D, Grijota Pérez FJ, Bartolomé Sánchez I, Robles Gil MC, Montero Arroyo J, Maynar Mariño M. Influencia del entrenamiento en fútbol sobre parámetros de estrés oxidativo en eritrocitos. Nutr Hosp 2019;36(4):926-930

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02381>

#### Correspondencia:

Jesús Siquier Coll. Facultad de Ciencias del Deporte.  
Av. de la Universidad, s/n. 10.003 Cáceres  
e-mail: [jsiquier@alumnos.unex.es](mailto:jsiquier@alumnos.unex.es)

## INTRODUCCIÓN

Se ha observado que el ejercicio físico aumenta la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO) (1). La presencia de las ERO es algo natural en los seres vivos y no solo la presencia o no de estos radicales libres resulta relevante, sino que es de especial interés la cantidad en la que se producen.

Cualquier situación de estrés que requiera un proceso metabólico en el que haya reacciones redox es, *per se*, una posible fuente continua de producción de radicales libres. El ejercicio físico, que se encuentra dentro de estas situaciones de estrés metabólico, implica la posibilidad de una excesiva producción de radicales libres. El incremento del consumo de oxígeno, la liberación de catecolaminas, el exceso de ácido láctico, la actividad de enzimas como la xantina oxidasa o la generación de radicales libres por las mitocondrias son fuentes que pueden aumentar la producción de ERO durante el ejercicio (2). Por ello, parámetros como la intensidad o la duración de la actividad física parecen estar relacionados con el daño oxidativo (3,4). Incluso durante la recuperación del ejercicio físico, las células sanguíneas pueden por sí mismas producir cantidades significativas de ERO. Los mayores generadores de ERO se localizan en la sangre durante el ejercicio y pueden ser eritrocitos (debido principalmente a su cantidad) y leucocitos, debido a la activación drástica durante el ejercicio (5). La excesiva producción de radicales libres puede ocasionar daños en otros tejidos tales como el ADN, proteínas o glúcidos (6). Además, la disfunción contráctil relacionada con el daño oxidativo y la fatiga muscular pueden ocurrir cuando los niveles de ERO exceden la capacidad del sistema antioxidante durante el ejercicio irregular o extenuante y sostenido (7,8), por lo que su diagnóstico es de vital importancia.

Numerosos estudios han tratado de observar tanto la respuesta aguda como la respuesta crónica del ejercicio físico sobre parámetros de estrés oxidativo y respuesta antioxidante (9-12). El estrés oxidativo se ha destacado en respuesta a cualquier forma de ejercicios exhaustivos aeróbicos y anaeróbicos (13,14). Concretamente en fútbol, se han observado cambios de MDA plasmáticos durante el periodo de recuperación tras un esfuerzo en un partido (15). Así, la acumulación de ejercicio intenso prolongado puede provocar un aumento del estrés oxidativo, incluso en deportistas altamente entrenados (16,17). A lo largo de una temporada, Spanidis y cols. (2016) observaron un aumento tanto en la capacidad antioxidante total plasmática como en los parámetros de estrés oxidativo en jugadores de baloncesto (18). En una investigación reciente, se encontró que el estado redox de los jugadores profesionales de fútbol se altera de acuerdo con el periodo de entrenamiento (periodos de temporada) y que las variaciones de la relación GSH/GSSH se correlacionan con las cargas de entrenamiento acumuladas (19).

Sin embargo, pocos estudios han comparado el efecto crónico (adaptaciones) del entrenamiento en fútbol con sujetos sedentarios en estos parámetros. Por ello, el propósito de este estudio fue comparar las posibles adaptaciones producidas en el MDA y las vitaminas antioxidantes no enzimáticas en eritrocitos en jugadores de fútbol (SG) y sujetos sedentarios (CG).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### PARTICIPANTES

Veintiún jugadores de fútbol varones (SG) ( $24,95 \pm 3,03$  años) y 21 ( $23,71 \pm 2,42$  años) estudiantes varones (CG) que no practicaban ninguna actividad deportiva diaria ( $23,23 \pm 3,89$  años) participaron en el presente estudio. Los sujetos fueron evaluados al inicio de la temporada. Todos ellos fueron informados acerca del propósito del estudio y firmaron un formulario de consentimiento antes de inscribirse en el estudio. Esta investigación se llevó a cabo bajo las directrices éticas de la Declaración de Helsinki, actualizadas en la Asamblea Médica Mundial en Seúl en 2008, para la investigación con sujetos humanos.

Los jugadores de fútbol tenían al menos cinco años de experiencia en el entrenamiento de fútbol y un volumen de entrenamiento de alrededor de 12 horas por semana, perteneciente al mismo equipo que participó en una liga semiprofesional de España. Asimismo, no ingerían ningún tipo de suplementación adicional a su dieta diaria. Igualmente, como criterio de inclusión en el grupo control, los sujetos no podían haber utilizado suplementaciones nutricionales en los seis meses anteriores al estudio.

### TEST DE ESFUERZO

El consumo máximo de oxígeno fue medido a través de una prueba incremental máxima hasta el agotamiento en tapiz rodante (Ergo-Fit 4000, Alemania). A fin de eliminar los posibles efectos de la fatiga producidos por el entrenamiento, el SG realizó la prueba con 48 horas de recuperación tras el último entrenamiento. Previamente al test, se realizó un calentamiento de diez minutos a 8 km/h. Posteriormente, el test se inició en 8 km/h incrementando la velocidad cada dos minutos en 1 km/h hasta la extenuación, momento en el que los participantes no podían mantener la velocidad requerida. El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2\max$ ) se obtuvo mediante analizador de gases (Geratherm Respiratory GMBH, Ergostik™ [Ref 40.400; Corp Bad Kissingen]).

### MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Las características morfológicas de los participantes se midieron por la mañana y a la misma hora (09:00 a.m.). La altura se midió con una precisión de 0,1 cm utilizando un estadiómetro montado en la pared (Seca®, Hamburgo, Alemania) y el peso corporal se midió con una precisión de 0,01 kg utilizando balanzas digitales electrónicas calibradas (Seca®, Hamburgo, Alemania) en condiciones descalzas. El contenido de grasa corporal se estimó a partir de la suma de seis pliegues cutáneos (abdominal, suprailiaco, tricipital y subescapular, muslo y pantorrilla). El grosor de los pliegues cutáneos se midió con un calibrador de pliegues cutáneos (Holtain®, Crymych, Reino Unido). La composición corporal se calculó siguiendo las directrices del grupo español de cineantropometría (20). El mismo investigador, experto en técnicas de cineantropometría, realizó todas las mediciones.

Los sujetos fueron medidos en el laboratorio tras un ayuno nocturno y se abstuvieron de un entrenamiento intenso y/o competencia durante al menos 24 horas antes de la prueba.

Los atletas fueron informados para abstenerse de la suplementación dietética con vitaminas o antioxidantes y no cambiar sus hábitos alimenticios a lo largo del estudio.

## RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

A las nueve en punto de la mañana, después de pesar a los participantes, se extrajeron diez mililitros de sangre venosa antecubital de cada participante usando EDTA como anticoagulante. La sangre se centrifugó inmediatamente a 3.000 rpm durante diez minutos (P-Selecta®, Meditronic) usando una jeringa de plástico con una aguja de acero inoxidable. La muestra de sangre se recogió en un tubo de polipropileno libre de metal (lavado previamente con ácido nítrico diluido). Tras ello, la muestra de sangre se centrifugó a 3.000 rpm durante 15 minutos a temperatura ambiente ( $23 \pm 1$  °C) para separar el plasma de los eritrocitos. Los eritrocitos se lavaron tres veces con NaCl al 0,9% (p/v), se reconstituyeron con agua destilada en el mismo volumen que el plasma y se almacenaron a -20 °C hasta su ensayo. Los parámetros de eritrocitos se expresaron en  $\mu\text{g/g Hb}$ .

## DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS

La hemoglobina (Hb) se determinó mediante un analizador de Hb (HemoCue®, Suecia). La peroxidación lipídica en eritrocitos se estimó mediante la medición de MDA, como describe Chirico (21), determinado por HPLC (Spectra™ Series P100/UV 100) y realizando calibración lineal ( $r = 0,99$ ). MDA-HPLC y MDA-TBARS son sensibles para detectar cambios en la MDA inducida por ejercicio agudo (21). MDA-HPLC es la técnica más adecuada para la detección precisa de MDA en los deportes y el área de ejercicio debido a su sensibilidad y precisión (22).

El contenido de vitamina C de las muestras se determinó por HPLC usando los métodos descritos por Manoharan y Schwille (23) y se analizó el mismo día. Las vitaminas A y E se analizaron por HPLC mediante el método descrito por Shearer (24).

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se llevó a cabo con el software IBM SPSS Statistic versión 22 para Windows. Los resultados se expresan como media  $\pm$  desviación estándar (media  $\pm$  desviación estándar). La prueba t de Student se utilizó para comparar la concentración en reposo entre SG y CG. Un valor  $p < 0,05$  se consideró estadísticamente significativo.

## RESULTADOS

En la tabla I se muestran las características antropométricas y de  $\text{VO}_2\text{max}$  de la muestra. Se observan diferencias significativas

en todas las características antropométricas ( $p < 0,05$ ) a excepción de la altura. También hubo diferencias muy significativas en relación al  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $p < 0,01$ )

Se expresan en la tabla II los valores obtenidos de MDA eritrocitario, tanto en sujetos “entrenados” como en sujetos “no entrenados”, expresados en  $\mu\text{mol/g Hb}$ .

Como se puede observar, existen diferencias significativas entre ambos grupos, siendo mayores las concentraciones eritrocitarias encontradas en sujetos no entrenados. Concretamente, se pueden apreciar valores más elevados de vitamina C en CG, siendo las diferencias encontradas estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en la medición de este parámetro de actividad antioxidante. Igualmente, se encontraron valores significativamente más elevados de vitamina E en sujetos no entrenados ( $p < 0,05$ ). Finalmente, se obtuvo un mayor contenido significativo de vitamina A en CG con respecto al grupo SG ( $p < 0,01$ ).

## DISCUSIÓN

En la tabla I se muestran algunos parámetros relacionados con la antropometría y la capacidad funcional que demuestran las claras diferencias en ambos grupos. Por otro lado, el propósito de este estudio fue comparar las posibles adaptaciones producidas en MDA y las vitaminas antioxidantes no enzimáticas en SG y CG. Atendiendo a los resultados obtenidos, las concentraciones de MDA eritrocitario obtenidas en el presente estudio son menores a los niveles previos obtenidos en un estudio reciente, donde se suplementaba con sésamo a jugadores semiprofesionales (25).

**Tabla I. Características generales de la muestra**

	CG	FG
Altura (m)	1,68 $\pm$ 0,34	1,78 $\pm$ 0,05
Peso total (kg)	72,12 $\pm$ 8,56	69,86 $\pm$ 4,53*
% peso graso	44,95 $\pm$ 0,85	47,05 $\pm$ 0,84*
% peso muscular	16,55 $\pm$ 0,57	17,42 $\pm$ 1,43*
$\text{VO}_2\text{max}$ (ml/kg/min)	45,61 $\pm$ 4,95	61,02 $\pm$ 4,35†

CG: estudiantes sedentarios; SG: jugadores de fútbol; % peso graso: porcentaje graso corporal; % peso muscular: porcentaje de peso muscular;  $\text{VO}_2\text{max}$ : consumo máximo de oxígeno. \* $p < 0,05$ ; † $p < 0,01$ . Test de Student, comparación no entrenados vs. futbolistas.

**Tabla II. Concentraciones de MDA y vitaminas antioxidantes en eritrocitos**

Parámetros	SG	CG
MDA ( $\mu\text{mol/g Hb}$ )	0,55 $\pm$ 0,12	0,70 $\pm$ 0,21**
Vitamina C ( $\mu\text{g/g Hb}$ )	7,23 $\pm$ 2,35	21,12 $\pm$ 5,28*
Vitamina E ( $\mu\text{g/g Hb}$ )	3,20 $\pm$ 1,03	5,76 $\pm$ 1,45*
Vitamina A ( $\mu\text{g/g Hb}$ )	0,15 $\pm$ 0,03	0,48 $\pm$ 0,08**

CG: estudiantes sedentarios; SG: jugadores de fútbol; \* $p < 0,05$ ; † $p < 0,01$  diferencias entre SG vs. CG.

En otros trabajos, al comparar sujetos entrenados con sujetos no entrenados los valores fueron significativamente inferiores ( $p < 0,01$ ) en deportistas, como refleja la presente investigación. Esto podría deberse a las adaptaciones producidas por el entrenamiento, y podría existir un equilibrio entre la producción de ERO y la respuesta antioxidante (26,27). Este fenómeno fue corroborado por Hadzovic y cols. (2014), que indicaron aumentos en los marcadores de estrés oxidativo en comparación con los valores referenciales al observar dichos marcadores en luchadores, jugadores de fútbol y de baloncesto. Por otro lado, en un estudio sobre suplementación llevado a cabo en jugadores semiprofesionales de fútbol, los valores iniciales de MDA previos a la intervención eran superiores a los observados en esta investigación (25). En la línea de los resultados obtenidos en la tabla II, Olubajo and Olubajo AF (28) realizaron una investigación en mujeres futbolistas y mujeres desentrenadas donde se tomaron niveles de MDA previos y posteriores a una prueba incremental. Los niveles previos de MDA fueron similares en ambos grupos y, en contraste con el presente estudio, los niveles de SG basales en ayuno fueron significativamente menores a CG, aunque en dicho estudio obtenían esta diferencia después de la prueba incremental.

La respuesta antioxidante estudiada en el presente trabajo refleja una menor concentración eritrocitaria de vitamina C en SG, en contrapunto con Cazzola y cols. (29), quienes encontraron niveles significativamente mayores en futbolistas que en sedentarios, pero medidos en plasma en vez de en eritrocitos (29). No obstante, en lo que respecta a la respuesta eritrocitaria de dicha vitamina ante esfuerzos de intensidad máxima, se han encontrado descensos estadísticamente significativos (30) al igual que tras la realización de un entrenamiento de 60 minutos con futbolistas profesionales en comparación con los valores iniciales (31). Estos niveles inferiores en eritrocito podrían ser debidos a la salida de vitamina C al plasma, ya que a nivel celular existe un incremento en la actividad enzimática antioxidante que constituye la primera barrera para combatir la producción de ERO (32,33). Así, Munoz Marin y cols. (3) obtuvieron niveles significativamente mayores de vitamina C en plasma y significativamente menores en eritrocito tras un test máximo en ciclistas entrenados.

Dentro de las vitaminas liposolubles, en la vitamina E se observó que los valores eritrocitarios obtenidos en SG son significativamente inferiores ( $p < 0,05$ ) a CG. Ante un esfuerzo físico, los valores de vitamina E en plasma resultan superiores a los encontrados en eritrocito (34), debido a que en el interior celular podrían actuar otras enzimas antioxidantes, siendo la utilización y los niveles de vitamina E eritrocitaria menores. Igualmente, estos resultados podrían ser debidos a la actuación de la vitamina E eritrocitaria cuando otros sistemas antioxidantes no son capaces de neutralizar los radicales libres de oxígeno responsables de la peroxidación lipídica (35).

Finalmente, los niveles de vitamina A, también de naturaleza liposoluble, y al igual que en las vitaminas antioxidantes anteriormente analizadas en este estudio, fueron significativamente inferiores en deportistas entrenados que en sujetos no entrenados, con una alta significación estadística ( $p < 0,01$ ). Al no haber hallado literatura científica en la que se midan las adaptaciones

producidas por el entrenamiento en este antioxidante no enzimático, no podemos hacer una comparación de esta investigación con otras, si bien el comportamiento de esta vitamina ante el ejercicio físico ha mostrado resultados contradictorios en diferentes investigaciones (36-39). En cualquier caso, al igual que ocurre con la vitamina E, los niveles reducidos de vitamina A podrían deberse a su utilización para combatir la producción de radicales libres de oxígeno.

Los resultados obtenidos en los distintos marcadores medidos, tanto de peroxidación lipídica como de actividad antioxidante a nivel eritrocitario, muestran una evidencia en cuanto a los niveles inferiores de las distintas vitaminas analizadas en SG respecto a CG. Este déficit de vitaminas antioxidantes podría ser debido a su utilización para combatir el estrés oxidativo derivado del entrenamiento, por lo que una suplementación de estas vitaminas antioxidantes o una mayor ingesta de alimentos ricos en estas vitaminas podría resultar beneficiosa para evitar posibles déficits o carencias en sujetos entrenados, tal y como muestran algunos estudios, en los cuales se observa cómo las suplementaciones de antioxidantes permiten, por un lado, reducir el estrés oxidativo provocado por el entrenamiento y la competición y, por otro, que el rendimiento no se vea afectado por el déficit de estas vitaminas (40).

No obstante, este trabajo presenta una serie de limitaciones que deben ser tenidas en cuenta a la hora de interpretar los resultados. En primer lugar, la falta de un registro dietético en los participantes, que podría afectar a las concentraciones eritrocitarias encontradas, si bien es cierto que estas concentraciones son las menos afectadas por la ingesta dietética a corto plazo. Por otro lado, solo se realizó una toma para la determinación de los diferentes parámetros bioquímicos basales, y sería interesante, para futuras investigaciones, obtener varias muestras a lo largo de la(s) temporada(s) para observar la evolución de los parámetros de estrés oxidativo y respuesta antioxidante.

## CONCLUSIONES

En conclusión, los sujetos entrenados presentan mayor estrés oxidativo eritrocitario que los sujetos no entrenados, en condiciones basales, probablemente como consecuencia del entrenamiento. En esta fase sería recomendable un mayor aporte en dichos antioxidantes a los deportistas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Lamprecht M. Antioxidants in sport nutrition. CRC Press; 2014.
2. Valko M, Rhodes CJ, Moncol J, Izakovic M, Mazur M. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem Biol Interact* 2006;160(1):1-40.
3. Munoz Marin D, Olcina G, Timon R, Robles MC, Caballero MJ, Maynar M. Effect of different exercise intensities on oxidative stress markers and antioxidant response in trained cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 2010;50(1):93-8.
4. Johnson BD, Padilla J, Wallace JP. The exercise dose affects oxidative stress and brachial artery flow-mediated dilation in trained men. *Eur J Appl Physiol* 2012;112(1):33-42.
5. Nikolaidis MG, Jamurtas AZ. Blood as a reactive species generator and redox status regulator during exercise. *Arch Biochem Biophys* 2009;490(2):77-84.

6. Ďuračková Z. Oxidants, antioxidants and oxidative stress. En: *Mitochondrial medicine*. Gvozdjaková A (ed.). Amsterdam: Springer; 2008. p. 19-54.
7. He F, Li J, Liu Z, Chuang CC, Yang W, Zuo L. Redox mechanism of reactive oxygen species in exercise. *Front Physiol* 2016;7:486.
8. Reid MB. Redox interventions to increase exercise performance. *J Physiol* 2016;594(18):5125-33.
9. Mohammad Shadab NI, Khan Z, Khan F, Mobarak Hossain M. Oxidative stress in sports persons after a bout of intense exercise: a cross sectional study. 2014.
10. Braakhuis AJ, Hopkins WG, Lowe TE. Effects of dietary antioxidants on training and performance in female runners. *Eur J Sport Sci* 2014;14(2):160-8.
11. Sopic M, Bogavac-Stanojevic N, Baralic I, Kotur-Stevuljevic J, Dordevic B, Stefanovic A, et al. Effects of short- and long-term physical activity on DNA stability and oxidative stress status in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2014;54(3):354-61.
12. Fisher-Wellman K, Bloomer RJ. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Dyn Med* 2009;8:1.
13. Więcek M. Oxidative stress and training.
14. Zuo L, Zhou T, Chuang C-C. Antioxidants in physical exercise and sports performance. *nutritional antioxidant therapies: treatments and perspectives*. Springer; 2017. pp. 247-66.
15. Ascensao A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhaes J. Biochemical impact of a soccer match - Analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem* 2008;41(10-11):841-51.
16. El Abed K, Rebai H, Bloomer RJ, Trabelsi K, Masmoudi L, Zbidi A, et al. Antioxidant status and oxidative stress at rest and in response to acute exercise in judokas and sedentary men. *J Strength Cond Res* 2011;25(9):2400-9.
17. Munoz D, Barrientos G, Alves J, Grijota FJ, Robles MC, Maynar M. Oxidative stress, lipid peroxidation indexes and antioxidant vitamins in long and middle distance athletes during a sport season. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58(12):1713-9.
18. Spanidis Y, Goutzourelas N, Stagos D, Mpesios A, Priftis A, Bar-Or D, et al. Variations in oxidative stress markers in elite basketball players at the beginning and end of a season. *Exp Ther Med* 2016;11(1):147-53.
19. Le Moal E, Groussard C, Paillard T, Chaory K, Le Bris R, Plantet K, et al. Redox status of professional soccer players is influenced by training load throughout a season. *Int J Sports Med* 2016;37(9):680-6.
20. Porta J, Galiano D, Tejedo A, González JM. Valoración de la composición corporal. *Utopías y realidades*. Esparza Ros F (ed.). En: *Manual de Cineantropometría Monografías FEMEDE*. Madrid: FEMEDE; 1993. pp. 113-70.
21. Chirico S. High-performance liquid chromatography-based thiorbarbituric acid tests. *Methods Enzymol* 1994;233:314-8.
22. Spirlandeli AL, Deminice R, Jordao AA. Plasma malondialdehyde as biomarker of lipid peroxidation: effects of acute exercise. *Int J Sports Med* 2014;35(01):14-8.
23. Manoharan M, Schwille PO. Measurement of ascorbic acid in human plasma and urine by high-performance liquid chromatography. Results in healthy subjects and patients with idiopathic calcium urolithiasis. *J Chromatogr B Biomed Appl* 1994;654(1):134-9.
24. Shearer MJ. Vitamin K and vitamin K-dependent proteins. *Br J Haematol* 1990;75(2):156-62.
25. Barbosa CV, Silva AS, De Oliveira CV, Massa NM, De Sousa YR, Da Costa WK, et al. Effects of sesame (*Sesamum indicum* L.) supplementation on creatine kinase, lactate dehydrogenase, oxidative stress markers, and aerobic capacity in semi-professional soccer players. *Front Physiol* 2017;8:196.
26. Knez WL, Jenkins DG, Coombes JS. Oxidative stress in half and full Ironman triathletes. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(2):283-8.
27. Zanella AM, Nakazone MA, Pinhel MA, Souza DR. Lipid profile, apolipoprotein A-I and oxidative stress in professional footballers, sedentary individuals, and their relatives. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2011;55(2):121-6.
28. Olubajo, Olubajo AF AO, Margaret A, Adefunke AO. Changes in stress index, blood antioxidants and lipid profile between trained and untrained young female adults during treadmill exercise test: a comparative study. *NJCBE* 2015;3(1):1-7.
29. Cazzola R, Russo-Volpe S, Cervato G, Cestaro B. Biochemical assessments of oxidative stress, erythrocyte membrane fluidity and antioxidant status in professional soccer players and sedentary controls. *Eur J Clin Invest* 2003;33(10):924-30.
30. Koz M, Erbaş D, Bilgihan A, Arıcıoğlu A. Effects of acute swimming exercise on muscle and erythrocyte malondialdehyde, serum myoglobin, and plasma ascorbic acid concentrations. *Can J Physiol Pharmacol* 1992;70(10):1392-5.
31. Sureda A, Ferrer MD, Tauler P, Romaguera D, Drobnic F, Pujol P, et al. Effects of exercise intensity on lymphocyte H2O2 production and antioxidant defenses in soccer players. 2009.
32. Mena P, Maynar M, Gutiérrez JM, Maynar J, Timon J, Campillo JE. Erythrocyte free radical scavenger enzymes in bicycle professional racers. Adaptation to training. *Int J Sports Med* 1991;12(6):563-6.
33. Singh P, Kesharwani RK, Misra K, Rizvi SI. Modulation of erythrocyte plasma membrane redox system activity by curcumin. *Biochem Res Int* 2016;2016.
34. Marzatico F, Pansarasa O, Bertorelli L, Somenzini L, Della Valle G. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1997;37(4):235-9.
35. Bowles DK, Torgan CE, Ebner S, Kehrer JP, Ivy JL, Starnes JW. Effects of acute, submaximal exercise on skeletal muscle vitamin E. *Free Radic Res Commun* 1991;14(2):139-43.
36. Aguilo A, Tauler P, Fuentespina E, Tur JA, Cordova A, Pons A. Antioxidant response to oxidative stress induced by exhaustive exercise. *Physiol Behav* 2005;84(1):1-7.
37. Olcina GJ, Munoz D, Timon R, Caballero MJ, Maynar JI, Cordova A, et al. Effect of caffeine on oxidative stress during maximum incremental exercise. *J Sports Sci Med* 2006;5(4):621-8.
38. Margaritis I, Palazzetti S, Rousseau AS, Richard MJ, Favier A. Antioxidant supplementation and tapering exercise improve exercise-induced antioxidant response. *J Am Coll Nutr* 2003;22(2):147-56.
39. Izzicupo P, Ghinassi B, D'Amico MA, Bucciarelli T, Gallina S, Di Baldassarre A. Vitamin A decreases after a maximal incremental stress test in non-professional male runners with low aerobic performance. *J Biol Regul Homeost Agents* 2016;30(4):1223-8.
40. Bojanić V, Radović J, Bojanić Z, Lazović M. Hydrosoluble vitamins and sport. *Acta Med Median* 2011;50(2):68-75.