



Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís. 2016; Vol. 11, Núm. 1 ISSN: 1728-922X

Artículo original

**Diagnóstico de daño muscular y oxidativo en atletas de alto rendimiento en período de pre-entrenamiento.**

**Diagnostic of muscular damage and oxidativo in high performance athletes in pre-training period.**

**Autores:**

**MSc. Haydeé Cruz Vadell<sup>1</sup>, Dr. Miguel Enrique Sánchez Hechavarría<sup>2</sup>, MsC. Jorge Antonio Danger Lanza, Dra. Celeste Roque Rodríguez<sup>4</sup>, Lic. Yanly Aparicio Trompeta<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Máster en Enfermedades Infecciosas. Profesor Asistente. Aspirante a Investigador. Facultad de Tecnología de la Salud, Santiago de Cuba, Cuba. Correo: [haydee@fts.scu.sld.cu](mailto:haydee@fts.scu.sld.cu),

<sup>2</sup> Médico Residente de Fisiología Normal y Patológica. Facultad de Medicina No1, Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Correo: [miguel.sanchez@sierra.scu.sld.cu](mailto:miguel.sanchez@sierra.scu.sld.cu)

<sup>3</sup> Máster en Cultura Física. Profesor Asistente, Licenciado en Biología e Ingeniero en Telecomunicaciones. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Correo: [jadangerl@fie.uo.edu.cu](mailto:jadangerl@fie.uo.edu.cu)

<sup>4</sup> Especialista de 2do grado en Laboratorio Clínico. Máster en Enfermedades Infecciosas. Profesor Asistente. Hospital General Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso de Santiago de Cuba. Correo: [celeste.roque@medired.scu.sld.cu](mailto:celeste.roque@medired.scu.sld.cu)

<sup>5</sup> Licenciada en Laboratorio Clínico. Hospital General Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso de Santiago de Cuba.

## **Resumen:**

Se realizó un estudio analítico transversal en 22 atletas de alto rendimiento de béisbol del Equipo Sub-23 en periodo preparatorio y 22 estudiantes de 1er año de la carrera de Medicina entre febrero-marzo del presente año en el Laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Con el objetivo de identificar variaciones en los atletas, dependientes de la carga de entrenamiento, desde el punto de vista bioquímico y hematológico se procesaron las muestras tomando como control al grupo de estudiantes. Se cuantificó las variaciones en ambos grupos, mostrando una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en los atletas la concentración sérica de Creatinfosfoquinasa (CPK), seguido del daño oxidativo a lípidos (MDA) y proteínas (PAOP) sin alteración del mecanismo antioxidante. Se pudo concluir que existen modificaciones bioquímicas relacionadas con la carga de entrenamiento en periodo preparatorio con respecto a sujetos no entrenados, asociadas al daño muscular inducido por el ejercicio.

**Palabras Clave:** Estrés Oxidativo, atletas de alto rendimiento, Daño Muscular Inducido por el Ejercicio (EIMD)

## **Abstract**

A transverse analytic study in 22 athletes of the Sub-23 baseball Team in preparatory period and 22 students of 1er year of medicine between February-March of the present year in the Laboratory of Basic Biomedical Sciences of the University of Medical Sciences of Santiago de Cuba. With the objective of identifying variations in the athletes training load, from the biochemical and hematological point of view, the sample were processed taking the group of students as the control one. The employed summary measurements allowed quantifying the variability in both groups. The parameter that showed a significant difference ( $P < 0,05$ ) in the athletes was the concentration of creatinphosphokinase (CPK) followed by oxidative damage to lipids (MDA) and proteins(PAOP) without alteration of the antioxidant mechanism. It can be concluded that exist biochemical

modifications related to the training load in preparatory period respect to non-trained subject, associated to muscular damage induced by exercise.

Keywords: oxidative stress, High performance athletes, muscular damage induced by exercise(EIMD).

### **Introducción:**

Estudios fisiológicos y bioquímicos señalan los cambios metabólicos que ocurren durante el desarrollo de una práctica deportiva, posibilitando evaluar tanto el entrenamiento físico como la planificación del mismo. Así, las analíticas sanguíneas con parámetros bioquímicos, hematológicos y hormonales ofrecen información de gran utilidad para el entrenador, médico, fisiólogo o nutricionista deportivo para el seguimiento nutricional y control de la carga interna del entrenamiento. Estas consideraciones permiten valorar que el control de los parámetros fisiológicos y bioquímicos constituyen las bases para poder comprender los cambios en el deportista tras una carga de entrenamiento y optimizar las mismas según la respuesta individual del atleta.

La fuente primaria de daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD) es probablemente un mecanismo de estrés muscular por contracción excéntrica, reclutando menos fibras que contracciones concéntricas, resultando en una gran fuerza mecánica por fibra y en una disminución en la habilidad muscular para producir fuerza por tensión activa. Después de este daño primario y perturbaciones en la homeostasia intracelular del  $Ca^{2+}$ , se cree comienza una serie de procesos caracterizados por una respuesta inflamatoria secundaria.

Algunos estudios relacionan la participación de enzimas como la CK con el daño muscular. Por ejemplo, McGinley<sup>1</sup>, encontró moderados incrementos en suero de CK como único indicador de daño muscular, con un pico (máximo de-500U/L)

medido a las 24h post ejercicio en todos los grupos estudiados. Asimismo, Giuseppe<sup>2</sup>, encuentra un efecto positivo en enzimas musculares como la CK y LDH al aplicar la Whole- Body Cryotherapy en atletas observándolos como indicadores típicos de la implicación muscular durante el ejercicio físico.

Un componente que puede contribuir al EIMD son los radicales libres en el centro de oxígeno: especies reactivas de oxígeno (ROS). Las fuentes primarias son sitios endógenos como el músculo mientras que los sitios secundarios son exógenos al músculo, pero directamente influenciados por el estado de oxidación- reducción (redox)<sup>3</sup>. La principal fuente de ROS se cree sea a través de la fuga de electrones en la cadena de transporte mitocondrial, ejemplo, durante la fosforilación mitocondrial<sup>4</sup>, aunque esto es recientemente cuestionado. Otra potencial fuente primaria es la vía del metabolismo Xantina-Oxidasa en el endotelio capilar<sup>5</sup>. Las principales fuentes secundarias de ROS son generadas durante los procesos inflamatorios por células fagocíticas tales como neutrófilos y posiblemente por incrementarse la acumulación de  $Ca^{2+}$  en el músculo y destrucción de proteínas que contienen hierro<sup>6</sup>.

Aunque el músculo esquelético se sabe es la mejor fuente de ROS durante el ejercicio es importante destacar que es un gran potencial para la producción de ROS con ejercicios aeróbicos para otros tejidos tales como corazón, pulmón e hígado<sup>6</sup>.

Diversos estudios han usado una selección de biomarcadores de Estrés Oxidativo, pero con resultados fallidos en mediciones de EIMD. Algunos examinan el comportamiento de la peroxidación lipídica y el estatus antioxidante durante la sección de competencia en football y rugby de playa, observando un progresivo incremento de la peroxidación lipídica y disminución de la capacidad antioxidante<sup>7,8</sup>. Otros, hacen la misma comparación entre largas y cortas distancias de carrera, demostrando algunas diferencias entre ambos grupos<sup>9</sup>.

Asimismo se registran resultados de test realizados post ejercicio, comparando para valores basales un incremento en la peroxidación lipídica<sup>10,11,12,13</sup> en controles

y atletas, mientras otros reportan una disminución de la peroxidación lipídica en atletas<sup>14</sup>.

**Objetivo:** Diagnosticar el daño muscular y oxidativo a lípidos y proteínas frente al mecanismo antioxidante en un grupo de atletas de béisbol de alto rendimiento en etapa pre-entrenamiento como parte de un estudio basal para su utilización en próximos estudios.

### **Materiales y métodos:**

Se realizó un estudio analítico transversal en 22 atletas (18±2 años) de alto rendimiento de beisbol del Equipo Sub-23 en periodo preparatorio y 22 estudiantes de 1er año de la carrera de Medicina entre febrero-marzo del presente año en el Laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas de la Universidad de Ciencias Médicas y el Hospital Clínico Quirúrgico “Juan Bruno Zayas” de Santiago de Cuba. Se recogió previamente y con la autorización de los comités de ética y consejos científicos del centro de medicina deportiva y la facultad, el consentimiento informado para formar parte del estudio. Previo a la toma de muestras se entrevistaron a los sujetos de ambos grupos para la recogida de datos que pudieran resultar de utilidad durante la etapa de procesamiento de los resultados. Ambos grupos fueron seleccionados con similares características en cuanto a la edad, sexo, talla y peso.

Con el objetivo de identificar alteraciones en los atletas, desde el punto de vista bioquímico y hematológico, se procesaron las muestras tomando como control al grupo de estudiantes. En ambos grupos se recogió muestra de sangre venosa en ayunas. Un volumen de 5ml fue tomado e inmediatamente transferido a tubos heparinizados para los exámenes hematológicos, y 5 ml para la hemoquímica con previa extracción del suero sanguíneo una vez centrifugadas las muestras a 3500rpm. Una porción de este suero fue conservada en alícuotas a -20<sup>0</sup>c para la posterior determinación de Glutación Reducido (GSH), Productos Avanzados de Oxidación a Proteínas (PAOP) y Malonilaldehído (MDA) respectivamente.

El estudio hematológico consistió en la determinación de hematocrito y la hemoglobina por el método de la Cianometahemoglobina haciendo uso para su cuantificación del espectrofotómetro UV- T60 a una longitud de onda de 540nm. Los parámetros hemoquímicos seleccionados fueron las proteínas totales (PT) y como indicador de daño muscular la CPK, cuyas concentraciones para ambos grupos de estudio fue procesada por el analizador de química sanguínea Hitachi® 902, ubicado en el laboratorio clínico del Hospital Clínico Quirúrgico.

La evaluación del estatus antioxidante en sangre por la concentración de GSH fue determinada por la lectura en el espectrofotómetro UV-T60 tras la reacción colorimétrica con el DTNB que produce un compuesto que absorbe la luz a 412nm. Dicha concentración tuvo lugar usando una curva patrón con soluciones de concentración conocida de GSH. Por otra parte, el daño oxidativo en proteínas por radicales libres, mediante reacciones de agregación, entrecruzamiento y fragmentación a los PAOP es expresada como equivalentes de cloramina T (patrón), en condiciones acídicas a 340nm. El daño a lípidos también es medido espectrofotométricamente a 586nm tras las reacciones el reactivo cromogénico N-metil-2-fenil indol con una molécula de MDA a 45<sup>0</sup>C.

#### **Análisis estadístico:**

Los datos recogidos fueron agrupados en la base de datos SPSS 18 y expresados en valores de media  $\pm$ desviación estándar(SD). Se utilizaron para las comparaciones la prueba de t student para determinar la existencia de diferencias significativas entre los grupos de estudio para  $p < 0.05$ .

#### **Resultados:**

En los test hematológicos para el grupo de atletas no se observó ninguna alteración respecto al grupo control (Tabla 1). La Creatinfosfoquinasa (CPK) como indicador de daño muscular en el caso de los atletas arroja un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) respecto al grupo control (estudiantes).

**Tabla 1.** . Diferencias del Valores basales hematológicos y hemoquímicos, valores de media(x)  $\pm$ SD y diferencia significativa entre los grupos de estudio ( $p < 0.05$ ):

Parámetros	Estudiantes(n=22)			Atletas(n=22)		
	X	$\pm$ SD	p	X	$\pm$ SD	p
Hemoglobina( g/l)	132,3 3	5,399	0,008	139,50	7,769	0,004
Hematocrito(l/l)	0,449 2	0,02021	0,031	0,4682	0,02500	0,023
Proteínas totales(g/l)	71,92	7,856	0,820	72,36	3,566	0,855
Creatinfosfoquinasa(U/L)	155,1 7	34,630	0,001	647,86	458,688	0,000

El análisis de los indicadores de defensa antioxidante evidenció que las concentraciones de GSH fueron ligeramente inferiores en el grupo de estudiantes (Tabla 2). En cuanto a los niveles de proteínas oxidadas medidos por las concentraciones de PAOP, arrojaron éstos valores superiores, no siendo el caso de las concentraciones de MDA, marcador de daño oxidativo a lípidos, donde no se aprecian diferencias significativas, a pesar de presentar ambos grupos un incremento en los valores en relación a los establecidos como referencia.

**Tabla 2.** Diferencias del estatus antioxidante y daño oxidativo a proteínas y lípidos.

Parámetros	Estudiantes(n=22)			Atletas(n=22)		
	X	$\pm$ SD	p	X	$\pm$ SD	p
GSH(nmol/100ml)	3,483	0,6177	0,507	5,064	8,0832	0,372
PAOP( $\mu$ mol/l)	195,416 7	50,7873 6	0,000	82,8500	53,02491	0,000

MDA( $\mu\text{mol/l}$ )	8,9617	7,17138	0,340	7,1450	3,82354	0,427
--------------------------	--------	---------	-------	--------	---------	-------

### **Discusión:**

Este estudio estuvo dirigido a determinar, en período pre-entrenamiento, las variaciones desde el punto de vista hemoquímico pudieran encontrarse, relacionadas con el daño muscular y oxidativo para un posterior análisis comparativo (período post- ejercicio) donde ya pudieran correlacionarse estas variables con la carga de entrenamiento en los mismos atletas.

Los resultados hematológicos arrojados nos mostraron alteraciones ni diferencias significativas entre los grupos de estudio, no siendo el caso de la CPK que si mostró tal diferencia. A pesar de que los atletas fueron evaluados en un momento en que la carga de entrenamiento no parece haber sido el factor influyente en tales resultados, si pudiera estar relacionado con su afectación muscular por entrenamientos anteriores. Las experiencias de otras investigaciones<sup>15</sup> asumen que el incremento en suero de CK indica un gran daño muscular inducido por el ejercicio para altas cargas de entrenamiento, pudiendo contribuir a la disminución del rendimiento deportivo.

El GSH constituye el principal antioxidante endógeno no enzimático. Juega un rol fundamental en la protección de los tejidos al daño oxidativo durante el ejercicio. En este estudio se encontró una ligera disminución de sus concentraciones en ambos grupos, aunque estaban ligeramente superiores las cifras en los atletas. Quizás, la causa está en la constante actividad física a la que están expuestos, conllevando a episodios oxidativos con frecuencia.

El daño oxidativo a los lípidos se produce fundamentalmente sobre los ácidos grasos poliinsaturados de las membranas, a través de un proceso que se conoce como peroxidación lipídica. Como consecuencia se generan peróxidos orgánicos y otros productos con efectos citotóxicos, entre los que se encuentra el MDA. En el presente estudio las concentraciones de MDA no arrojaron diferencias significativas en los grupos analizados.



Sin embargo, al analizar los valores de PAOP, se muestra un incremento significativo a expensas del grupo de estudiantes (control). Esta elevación en los niveles de proteínas oxidadas ha sido abordada por otros autores, quienes evalúan su incremento en embarazadas diabéticas<sup>16</sup>.

### **Conclusiones:**

Se concluye que los atletas del grupo de alto rendimiento de béisbol en periodo preparatorio muestran una diferencia significativa en cuanto a la concentración sérica de Creatinfosfoquinasa respecto al grupo control, asociada ésta al daño muscular. Presentan, además, un incremento del daño oxidativo a biomoléculas, tales como lípidos y proteínas. A pesar de presentar concentraciones de GSH en el rango establecido como referencia, muestran una ligera depresión de la misma que pudiera estar asociada a la respuesta frente al desorden oxidativo que genera la carga de ejercicio.

### **Referencias bibliográficas:**

1. Cían McGinley, Amir Shafat and Alan E. Donnelly. Does Antioxidant Vitamin Supplementation Protect against Muscle Damage? Sports Med 2009;39 (12) 1011-1032
2. Giuseppe Banfi, Giovanni Lombardi, Alessandra Colombini and Gianluca Melegati. Whole-Body Cryotherapy in Athletes. Sports Med 2010. 40 (6): 509-617
3. Jackson M J. Pye D. Palomero J. The production of reactiveoxygen and nitrogen species by skeletal muscle. J Appl Physiol 2007: 102 (4): 1664-70
4. Jackson MJ. O'Farrell S. Free radicals and muscle damage.Br Med Bull 1993; 49 (3): 630-41
5. White CR, Shellon JE, Moellering D. et al. E.Kcrfise and xanthine oxidase in ihc vasculature: Superoxide and nitric oxide interactions. In: Sen CK, Packer L, Hänninen O. editors. Handbook of oxidants and antioxidant is in exercise Amsterdam: Elsevier. 2000: 69-86

6. Jackson MJ. Exercise and oxygen radical production by muscle, in: Sen CK, Packer L, Hannigan O, editors. Handbook of oxidants and antioxidants in exercise. Amsterdam: Elsevier, 2000: 57-68
7. Finaud J, Scislowski V, Lac G, Durand D, Vidalin H, Robert A, Filaire E. Antioxidant status and oxidative stress in professional rugby players: evolution throughout a season, *International Journal of Sports Medicine* 2006;27(2):87-93.
8. Schipfinger G, Wonisch W, Abuja PM, Fankhauser F, Winklhofer-Roob BM, Halwachs G. Lipid peroxidation and antioxidant status in professional American football players during competition. *European Journal of Clinical Investigation* 2002; 32(9):686-92.
9. Kostaropoulos IA, et al. Comparison of the blood redox status between long-distance and short-distance runners, *Physiological Research* 2006; 55(6):611-6.
10. Ajmani RS, et al. Oxidative stress and hemorheological changes induced by acute treadmill exercise. *Clinical Hemorheology and Microcirculation* 2003;28(1):29-40.
11. Alessio HM, Goldfarb AH, Cao G. Exercise-induced oxidative stress before and after vitamin C supplementation, *International Journal of Sport Nutrition* 1997;7: 1–9.
12. Ilhan N, Kamanli A, Ozmerdivenli R, Ilhan N. Variable effects of exercise intensity on reduced glutathione, thiobarbituric acid reactive substance levels, and glucose concentration, *Archives of Medical Research* 2004; 35(4):294-300
13. Sentürk UK, et al. Exercise-induced oxidative stress leads hemolysis in sedentary but not trained humans, *Journal of Applied Physiology* 2005; 99(4):1434-41
14. C.D. Schneider, J. Barp, J.L. Ribeiro, A. Bello-Klein and A.R. Oliveira, Oxidative stress after three different intensities of running, *Canadian Journal of Applied Physiology* 2005; 30: 723–734.
15. Slattery K M, Kenneth L, Bentley DJ, Coutts AJ. Effect of training load on simulated team sport match performance. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2012; 37(2):315-22.

16. Fernández RT, Clapés HS, Suárez RG, Casanueva CK, Armas CD, Tormo MC et al. Marcadores de estrés oxidativo en embarazadas diabéticas. Rev Cubana Invest Bioméd [revista en la Internet]. 2010 Dic [citado 2015 Abr 21] ; 29(4): 417-427.Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03002010000400002&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002010000400002&lng=es).