

## Caracterización del balance redox en personas expuestas a una actividad psicofísica intensa

### Characterization of redox balance in persons exposed to intensive psychophysical activity

Cap. Daimilé López Tagle<sup>I</sup>; Tte Cor. José Luis Pérez Alejo<sup>II</sup>; Lic. María García Martín<sup>III</sup>; Tec. Orlando Marrero González<sup>IV</sup>; Tec. María Curí Hernández<sup>IV</sup>

<sup>I</sup> Especialista de I Grado en Higiene y Epidemiología. Instructor. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>II</sup> Doctor en Ciencias de la Salud. Especialista en Bioquímica Clínica. Profesor Titular. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>III</sup> Licenciada en Bioquímica. Master en Ciencias. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>IV</sup> Técnico en Investigaciones Fisiológicas. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

---

#### RESUMEN

Se realizó un estudio prospectivo longitudinal, en el que se tuvo en cuenta marcadores de estrés oxidativo en situación psicofísica intensa. La muestra estuvo constituida por 31 expuestos del sexo masculino, quienes realizaron un ejercicio especial de graduación. La investigación se dividió en dos etapas, basal y experimental, donde los individuos objeto de estudio fueron su propio control. Tanto en la etapa basal como en la experimental (durante e inmediatamente después), fueron evaluados desde el punto de vista clínico y bioquímico. En la muestra objeto de estudio se observó un aumento significativo de la concentración plasmática de malonildialdehído en la etapa después (441,65 nmol/L) en relación con la etapa antes (347,61 nmol/L). La catalasa se incrementó significativamente y no se encontraron cambios significativos en las concentraciones séricas de superóxido dimutasa y peróxido de hidrógeno. Se encontró una correlación negativa, estadísticamente significativa entre malonildialdehído y vitamina C ( $r = -0,410$ ;  $p = 0,025$ ) y entre superóxido dimutasa y vitamina C ( $r = -0,467$ ;  $p = 0,011$ ). También el oligoelemento zinc correlacionó positivamente con la catalasa ( $r = 0,524$ ;  $p = 0,004$ ). Se estableció un desbalance redox como consecuencia de una actividad psicofísica intensa que se expresó mediante la aparición de peroxidación

lipídica. Hubo respuesta antioxidante favorable para el tiempo de duración del ejercicio, que de prolongarse pudo haber depletado esta respuesta. Las variaciones encontradas pueden constituir factores de riesgo de enfermedad cardiovascular aterosclerótica en edades tempranas y limitar la vida útil del personal expuesto.

**Palabras clave:** Estrés oxidativo, antioxidante, ejercicio físico.

---

## ABSTRACT

A longitudinal prospective study was made in which oxidative stress markers in an intensive psychophysical condition were taken into consideration. The sample was made up of 31 exposed male subjects, who had performed a special graduation exercise. The research was divided into two stages, that is, basal and experimental, in which these individuals under study were their own controls at the same time. Both in the basal and the experimental phases (during and immediately afterwards) the subjects were evaluated from the clinical and biochemical viewpoints. The sample under study showed significant increase in plasma malonylaldehyde concentration in the posterior phase (441.65 nmol/L) in relation to the previous phase (347.61 nmol/L). Catalase significantly increased but no remarkable changes were found in serum superoxide dismutase and hydrogen peroxide concentrations. Statistically significant negative correlation was found between malonylaldehyde and vitamin C ( $r = -0.410$ ;  $p = 0.025$ ) and between superoxide dismutase and vitamin C ( $r = -0.467$ ;  $p = 0.011$ ). Additionally, zinc oligoelement positively correlated with catalase ( $r = 0.524$ ;  $p = 0.004$ ). Redox imbalance occurred as a result of intensive psychophysical activity, which expressed in occurrence of lipid peroxidation. There was a favourable antioxidant response to the duration of exercise, but if this had been longer, it could have depleted this response. The variations found may represent risk factors for atherosclerotic cardiovascular disease at younger ages and limit the useful life of the exposed staff.

**Key words:** Oxidative stress, antioxidant, physical exercise.

---

## INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico moderado es una práctica saludable. Sin embargo, el ejercicio exhaustivo genera radicales libres. Esto puede evidenciarse con el aumento de la peroxidación lipídica, oxidación glutatiónica y el daño oxidativo a las proteínas.<sup>1,2</sup> Es por esto, que el estrés oxidativo ha sido implicado en los mecanismos fisiopatológicos de múltiples enfermedades como el cáncer, la diabetes mellitus, la hipertensión arterial, entre otras<sup>3,4</sup> y la repercusión que las condiciones de ejercicio físico intenso o exhaustivo, la hipotermia y otras características de este tipo de entrenamiento significan para el personal que en el mismo participa.

Determinados grupos poblacionales, por el tipo de actividad que realizan, deben reunir, desde el punto de vista psíquico y físico, capacidades que le permitan el cumplimiento de diversas misiones y para lo cual los Servicios Médicos realizan, entre otras tareas, el aseguramiento médico de estas.

No existe literatura médica previa en nuestro país, hasta donde se sabe, que aborde el estudio de la repercusión que sobre diversos aspectos fisiológicos y moleculares de estos grupos, tienen las características del entrenamiento a que estos están sometidos. Esto motivó a realizar la presente investigación con el objetivo de conocer el estado oxidativo y respuesta antioxidante en situación psicofísica intensa y su significado para el aseguramiento médico.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo longitudinal, en el que se tuvieron en cuenta marcadores de estrés oxidativo en situación psicofísica intensa.

La muestra estuvo constituida por 31 expuestos del sexo masculino, con una edad promedio de 20,41 años, quienes realizaron un ejercicio especial de graduación, cuya finalidad era que los aspirantes demostraran las capacidades físicas y psíquicas adquiridas durante el curso. Para la selección de la muestra se utilizó el método de aleatorización simple. Antes de ser incluidos en el estudio se le solicitó a cada uno su consentimiento a participar en la investigación. La aceptación de participación se le solicitó verbalmente y por escrito.

La investigación se dividió en 2 etapas en un diseño de antes y después, donde los individuos objeto de estudio fueron su propio control. Tanto en la etapa basal como en la experimental (durante e inmediatamente después), los individuos fueron evaluados desde el punto de vista clínico (a través de historia clínica encuestal) y bioquímico a través de un conjunto de variables como son:

- Indicadores de daño oxidativo: malonildialdehído (MDA) y peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ).
- Indicadores de defensa antioxidante: superóxido dismutasa plasmática (SOD), catalasa plasmática (catalasa), albúmina sérica (ALB) y ácido úrico

Todos los resultados se vaciaron en base de datos creada al efecto y procesados estadísticamente mediante paquete automatizado SPSS versión 10.1 para Windows, con un intervalo de confianza del 95 % ( $p= 0,05$ ) para la significación estadística. Los resultados se presentaron en forma de tabla y gráficos.

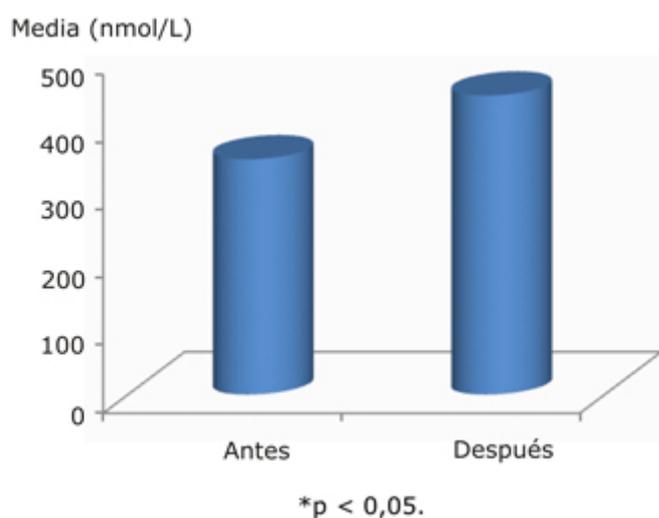
## RESULTADOS

En la muestra objeto de estudio se observó un aumento significativo de la concentración plasmática de MDA en la etapa después (441,65 nmol/L) en relación con la etapa antes (347,61 nmol/L) ([fig. 1](#)). La catalasa se incrementó significativamente de 360,87 a 512,93  $\mu\text{g}/\text{mL}/\text{min}$  ([fig. 2](#)). La SOD antes de la exposición fue de 8,96 y después de 6,85  $\mu\text{L}$  y  $H_2O_2$  no mostró variación antes y después con 21,8  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . No se apreciaron cambios significativos en las concentraciones séricas de ambas ([figs. 3 y 4](#)). Se encontró que en la etapa después del ejercicio hubo un incremento significativo en la concentración sérica de albúmina y de ácido úrico; ambos componentes relacionados con la defensa antioxidante y el metabolismo de proteínas ([fig. 5](#)). Además hubo una correlación negativa estadísticamente significativa entre MDA y vitamina C ( $r= -0,410$ ;  $p=$

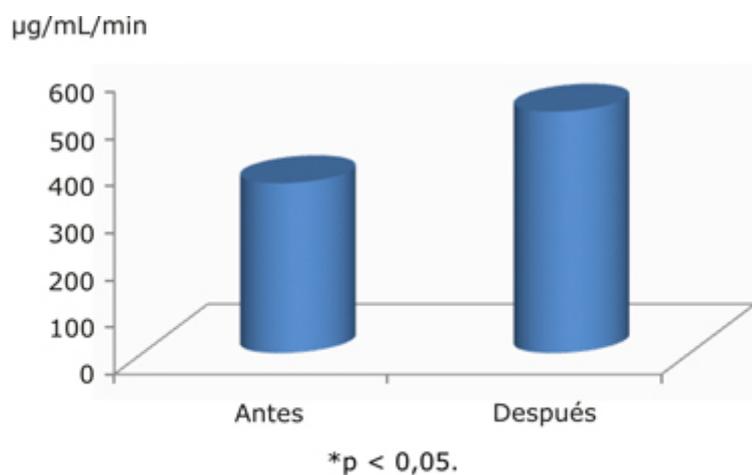
0,025), entre SOD y vitamina C ( $r = -0,467$ ;  $p = 0,011$ ). También el oligoelemento zinc correlacionó positivamente con la catalasa ( $r = 0,524$ ;  $p = 0,004$ ) (tabla).

**Tabla.** Correlación entre diferentes variables en la etapa después o durante el ejercicio

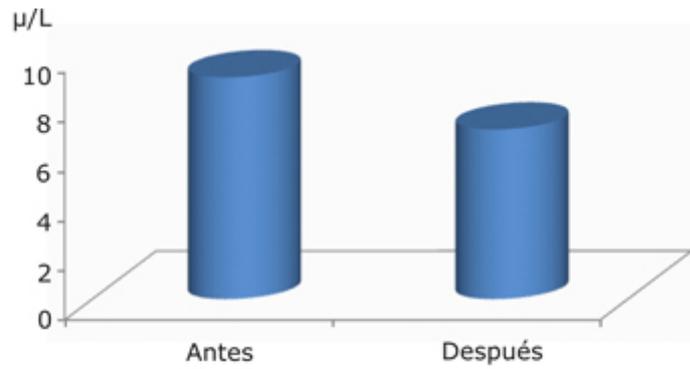
No.	Variable 1	Variable 2	Spearman		Kendall	
			r	p	r	p
1	Ácido úrico	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-0,384	0,04	-0,26	0,049
2	Albúmina	Grasa T	0,512	0,005	0,377	0,005
3	MDA	Vit. C	-0,414	0,025	-0,28	0,036
4	SOD	Vit. C	-0,467	0,011	-0,32	0,017
5	Catalasa	Zn	0,524	0,004	0,36	0,006



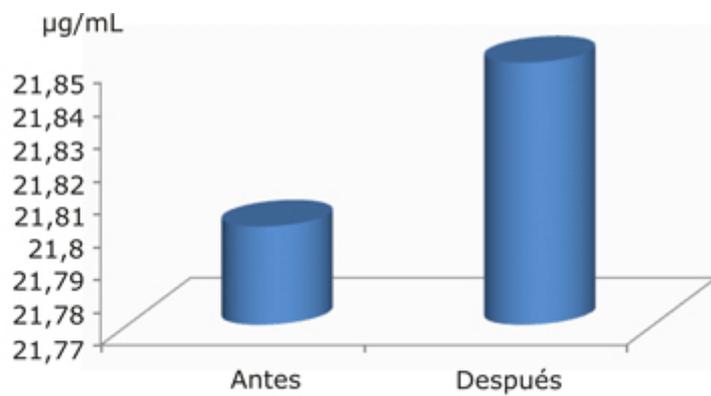
**Fig. 1.** Concentración plasmática de malondialdehído antes y después del ejercicio.



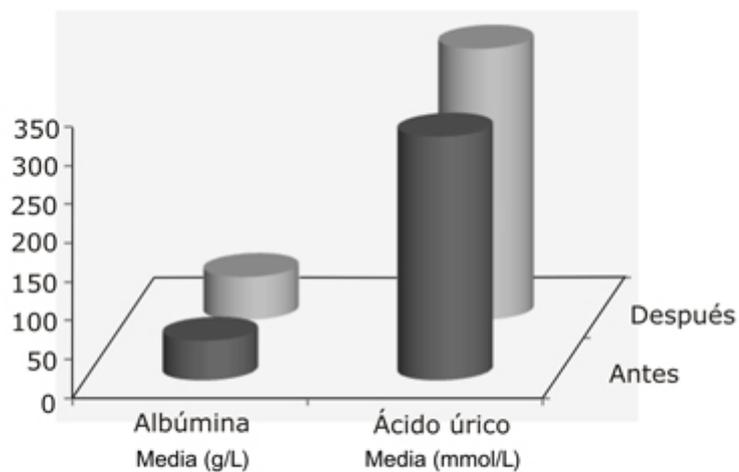
**Fig. 2.** Concentración sérica de catalasa antes y después del ejercicio.



**Fig. 3.** Concentración sérica de superóxido dimutasa antes y después del ejercicio.



**Fig. 4.** Concentración sérica de peróxido de hidrógeno antes y después del ejercicio.



**Fig. 5.** Concentración sérica de albúmina y ácido úrico antes y después del ejercicio.

## DISCUSIÓN

Las vitaminas A y E desempeñan una función importante en el mantenimiento del sistema de defensa antioxidante como vitaminas de la fase hidrosoluble y liposoluble respectivamente. Al parecer el aporte de vitamina E de la dieta no contribuyó a la protección de los lípidos contra los radicales libres al encontrarse un incremento significativo de MDA, indicador de peroxidación lipídica.

*Schmidt* y otros,<sup>5</sup> publicaron un estudio de la efectividad de una mezcla antioxidante (vitamina E,  $\beta$ -carotenos, ácido ascórbico, selenio, ácido  $\alpha$ -lipoico, N-acetil-1-cisteína, catequina, luteína y licopeno) en pos de reducir el estrés oxidativo en 40 marines norteamericanos, de 18 a 40 años de edad, durante 24 d en un campo de entrenamiento invernal a una altitud moderada. Se concluyó que hubo asociación entre un elevado nivel de estrés oxidativo y el ejercicio físico intenso en ambiente invernal y a moderada altura. Además, la mezcla antioxidante ensayada no atenuó los niveles de estrés oxidativo en el grupo en general, pero pudiera haber reducido el estrés oxidativo en los sujetos con estado antioxidante inicial bajo.

Un grupo de evidencias indica que los radicales libres desempeñan una función importante como mediadores del daño al músculo esquelético después de ejercicios extremos. Ha sido postulado que la generación de especies reactivas del oxígeno (EROs) está incrementada durante el ejercicio, como resultado del incremento del consumo de oxígeno por la mitocondria y por el flujo de transporte electrónico, que induce peroxidación lipídica, hallazgo que se encontró en este estudio, lo que coincide con lo hallado por otros investigadores.<sup>6,7</sup> La peroxidación lipídica es un factor determinante en el mecanismo de daño panendotelial ya que la existencia de lipoperóxidos producen también modificaciones de las proteínas asociadas a la membrana, enzimas, receptores y proteínas formadoras de canales, lo que provoca trastornos de los sistemas transportadores de membrana, con aumento de la permeabilidad para algunos elementos como el calcio, lo que produce activación de la fosfolipasa A2.

En la muestra objeto de estudio ocurrió peroxidación lipídica al final del ejercicio como consecuencia de este proceso, y para depurar radicales lipoperóxidos se encontró un incremento significativo en esta etapa de la enzima catalasa, respuesta del sistema de defensa antioxidante ante el incremento de lipoperóxidos como mecanismo fundamental en este caso. No se puede descartar la depuración del peróxido de hidrógeno formado por otras vías radicalarias, que incluyen la vía de la superóxido dimutasa y que en nuestra investigación no mostró cambios significativos, así como la concentración plasmática de  $H_2O_2$ . Con respecto a las concentraciones de albúmina y ácido úrico mostradas, se supone que en la primera hay una respuesta al mantenimiento del equilibrio coloidsmótico del plasma y el incremento del ácido úrico por ser un metabolito intermediario del catabolismo proteico. Ambos contribuyen como antioxidantes endógenos a la eliminación de especies reactivas del oxígeno; el ácido úrico además es un producto de la acción catalizadora de la enzima antioxidante xantina oxidasa.

Al correlacionar diferentes variables entre sí se confirma la hipótesis planteada por numerosos investigadores de que antioxidantes de origen exógeno administrados en la dieta, como la vitamina C, influye favorablemente en el mantenimiento de la capacidad antioxidante.

Se establece un desbalance redox como consecuencia de una actividad psicofísica intensa que se expresa mediante la aparición de peroxidación lipídica.

Hay respuesta antioxidante favorable para el tiempo de duración del ejercicio que de prolongarse, podría depletar esta respuesta.

Las variaciones encontradas en MDA pueden constituir factores de riesgo de enfermedad cardiovascular aterosclerótica en edades tempranas y limitar la vida útil del personal expuesto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vina J et al. Free radicals in exhaustive physical exercise: Mechanisms of production and protection by antioxidants. *Life*, 2000 Oct.-Nov.; 50(4-5):271-7.
2. Valeria C. Antioxidantes, radicales libres y ejercicio. [periódico en línea] Julio 2000 [citado de 5 de enero de 2007]: 23. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd23/radic.htm>
3. Martínez Sánchez G. Debate acerca del estrés oxidativo y su incidencia en las enfermedades. *Rev Cubana Farm* [periódico en la Internet]. 2007 Ago [citado 2009 Ene 14]; 41(2): Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75152007000200001&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152007000200001&lng=es&nrm=iso)
4. Cancino L, Leiva A, Garrido G, Cossío M, Prieto E. Vimang: los efectos antigenotóxico y modulador de las enzimas glutatión peroxidasa y glutatión-S-transferasa. *Rev Cubana Invest Biomed*. 2001; 20(1): 48-53.
5. Schmidt MC, Askew EW, Roberts DE, Prior RL, Ensing WY Jr, Hesslink RE Jr. Oxidative stress in human's training in a cold moderate altitude environment and their response to a phytochemical antioxidant supplement. *Wilderness Environ Med*. 2002; 13(2):94-105.
6. Dekkers JC, Van Doormen LJ, Kemper HC. The role of antioxidants vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage. *Sport Med* 1996 Mar; 21(3):213-8.
7. Vasankari TJ, Kujala UM, Rusko H, Sama S, Allotupa M. The effect of endurance exercise at moderate altitude on serum lipid peroxidation and antioxidative functions in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 75(5): 396-9.

Recibido: 16 de septiembre de 2008.

Aprobado: 3 de noviembre de 2008.

Cap. *Daimilé López Tagle*. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". Ave Monumental y Carretera de Asilo. Habana del Este. La Habana, Cuba. Correo electrónico: [ismm@infomed.sld.cu](mailto:ismm@infomed.sld.cu)

## Caracterización del balance redox en personas expuestas a una actividad psicofísica intensa

### Characterization of redox balance in persons exposed to intensive psychophysical activity

Cap. Daimilé López Tagle<sup>I</sup>; Tte Cor. José Luis Pérez Alejo<sup>II</sup>; Lic. María García Martín<sup>III</sup>; Tec. Orlando Marrero González<sup>IV</sup>; Tec. María Curí Hernández<sup>IV</sup>

<sup>I</sup> Especialista de I Grado en Higiene y Epidemiología. Instructor. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>II</sup> Doctor en Ciencias de la Salud. Especialista en Bioquímica Clínica. Profesor Titular. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>III</sup> Licenciada en Bioquímica. Master en Ciencias. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>IV</sup> Técnico en Investigaciones Fisiológicas. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

---

#### RESUMEN

Se realizó un estudio prospectivo longitudinal, en el que se tuvo en cuenta marcadores de estrés oxidativo en situación psicofísica intensa. La muestra estuvo constituida por 31 expuestos del sexo masculino, quienes realizaron un ejercicio especial de graduación. La investigación se dividió en dos etapas, basal y experimental, donde los individuos objeto de estudio fueron su propio control. Tanto en la etapa basal como en la experimental (durante e inmediatamente después), fueron evaluados desde el punto de vista clínico y bioquímico. En la muestra objeto de estudio se observó un aumento significativo de la concentración plasmática de malonildialdehído en la etapa después (441,65 nmol/L) en relación con la etapa antes (347,61 nmol/L). La catalasa se incrementó significativamente y no se encontraron cambios significativos en las concentraciones séricas de superóxido dimutasa y peróxido de hidrógeno. Se encontró una correlación negativa, estadísticamente significativa entre malonildialdehído y vitamina C ( $r = -0,410$ ;  $p = 0,025$ ) y entre superóxido dimutasa y vitamina C ( $r = -0,467$ ;  $p = 0,011$ ). También el oligoelemento zinc correlacionó positivamente con la catalasa ( $r = 0,524$ ;  $p = 0,004$ ). Se estableció un desbalance redox como consecuencia de una actividad psicofísica intensa que se expresó mediante la aparición de peroxidación

lipídica. Hubo respuesta antioxidante favorable para el tiempo de duración del ejercicio, que de prolongarse pudo haber depletado esta respuesta. Las variaciones encontradas pueden constituir factores de riesgo de enfermedad cardiovascular aterosclerótica en edades tempranas y limitar la vida útil del personal expuesto.

**Palabras clave:** Estrés oxidativo, antioxidante, ejercicio físico.

---

## ABSTRACT

A longitudinal prospective study was made in which oxidative stress markers in an intensive psychophysical condition were taken into consideration. The sample was made up of 31 exposed male subjects, who had performed a special graduation exercise. The research was divided into two stages, that is, basal and experimental, in which these individuals under study were their own controls at the same time. Both in the basal and the experimental phases (during and immediately afterwards) the subjects were evaluated from the clinical and biochemical viewpoints. The sample under study showed significant increase in plasma malonylaldehyde concentration in the posterior phase (441.65 nmol/L) in relation to the previous phase (347.61 nmol/L). Catalase significantly increased but no remarkable changes were found in serum superoxide dismutase and hydrogen peroxide concentrations. Statistically significant negative correlation was found between malonylaldehyde and vitamin C ( $r = -0.410$ ;  $p = 0.025$ ) and between superoxide dismutase and vitamin C ( $r = -0.467$ ;  $p = 0.011$ ). Additionally, zinc oligoelement positively correlated with catalase ( $r = 0.524$ ;  $p = 0.004$ ). Redox imbalance occurred as a result of intensive psychophysical activity, which expressed in occurrence of lipid peroxidation. There was a favourable antioxidant response to the duration of exercise, but if this had been longer, it could have depleted this response. The variations found may represent risk factors for atherosclerotic cardiovascular disease at younger ages and limit the useful life of the exposed staff.

**Key words:** Oxidative stress, antioxidant, physical exercise.

---

## INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico moderado es una práctica saludable. Sin embargo, el ejercicio exhaustivo genera radicales libres. Esto puede evidenciarse con el aumento de la peroxidación lipídica, oxidación glutatiónica y el daño oxidativo a las proteínas.<sup>1,2</sup> Es por esto, que el estrés oxidativo ha sido implicado en los mecanismos fisiopatológicos de múltiples enfermedades como el cáncer, la diabetes mellitus, la hipertensión arterial, entre otras<sup>3,4</sup> y la repercusión que las condiciones de ejercicio físico intenso o exhaustivo, la hipotermia y otras características de este tipo de entrenamiento significan para el personal que en el mismo participa.

Determinados grupos poblacionales, por el tipo de actividad que realizan, deben reunir, desde el punto de vista psíquico y físico, capacidades que le permitan el cumplimiento de diversas misiones y para lo cual los Servicios Médicos realizan, entre otras tareas, el aseguramiento médico de estas.

No existe literatura médica previa en nuestro país, hasta donde se sabe, que aborde el estudio de la repercusión que sobre diversos aspectos fisiológicos y moleculares de estos grupos, tienen las características del entrenamiento a que estos están sometidos. Esto motivó a realizar la presente investigación con el objetivo de conocer el estado oxidativo y respuesta antioxidante en situación psicofísica intensa y su significado para el aseguramiento médico.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo longitudinal, en el que se tuvieron en cuenta marcadores de estrés oxidativo en situación psicofísica intensa.

La muestra estuvo constituida por 31 expuestos del sexo masculino, con una edad promedio de 20,41 años, quienes realizaron un ejercicio especial de graduación, cuya finalidad era que los aspirantes demostraran las capacidades físicas y psíquicas adquiridas durante el curso. Para la selección de la muestra se utilizó el método de aleatorización simple. Antes de ser incluidos en el estudio se le solicitó a cada uno su consentimiento a participar en la investigación. La aceptación de participación se le solicitó verbalmente y por escrito.

La investigación se dividió en 2 etapas en un diseño de antes y después, donde los individuos objeto de estudio fueron su propio control. Tanto en la etapa basal como en la experimental (durante e inmediatamente después), los individuos fueron evaluados desde el punto de vista clínico (a través de historia clínica encuestal) y bioquímico a través de un conjunto de variables como son:

- Indicadores de daño oxidativo: malonildialdehído (MDA) y peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ).
- Indicadores de defensa antioxidante: superóxido dismutasa plasmática (SOD), catalasa plasmática (catalasa), albúmina sérica (ALB) y ácido úrico

Todos los resultados se vaciaron en base de datos creada al efecto y procesados estadísticamente mediante paquete automatizado SPSS versión 10.1 para Windows, con un intervalo de confianza del 95 % ( $p= 0,05$ ) para la significación estadística. Los resultados se presentaron en forma de tabla y gráficos.

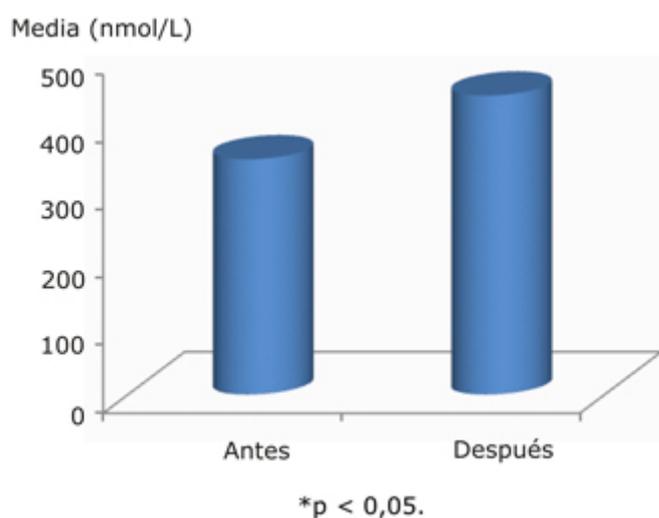
## RESULTADOS

En la muestra objeto de estudio se observó un aumento significativo de la concentración plasmática de MDA en la etapa después (441,65 nmol/L) en relación con la etapa antes (347,61 nmol/L) ([fig. 1](#)). La catalasa se incrementó significativamente de 360,87 a 512,93  $\mu\text{g}/\text{mL}/\text{min}$  ([fig. 2](#)). La SOD antes de la exposición fue de 8,96 y después de 6,85  $\mu\text{L}$  y  $H_2O_2$  no mostró variación antes y después con 21,8  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . No se apreciaron cambios significativos en las concentraciones séricas de ambas ([figs. 3 y 4](#)). Se encontró que en la etapa después del ejercicio hubo un incremento significativo en la concentración sérica de albúmina y de ácido úrico; ambos componentes relacionados con la defensa antioxidante y el metabolismo de proteínas ([fig. 5](#)). Además hubo una correlación negativa estadísticamente significativa entre MDA y vitamina C ( $r= -0,410$ ;  $p=$

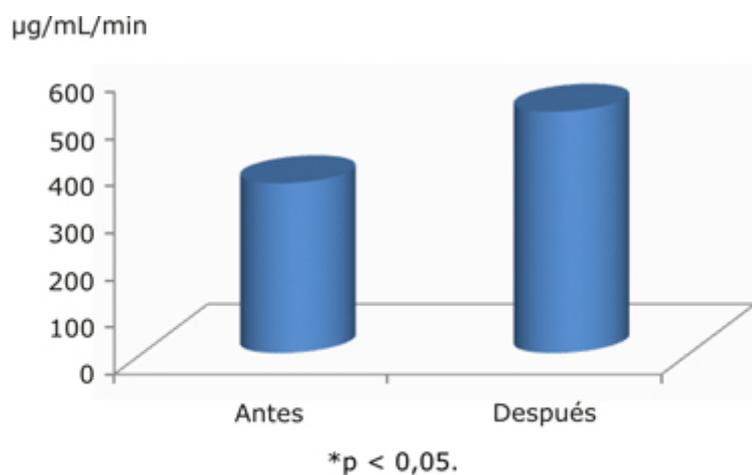
0,025), entre SOD y vitamina C ( $r = -0,467$ ;  $p = 0,011$ ). También el oligoelemento zinc correlacionó positivamente con la catalasa ( $r = 0,524$ ;  $p = 0,004$ ) ([tabla](#)).

**Tabla.** Correlación entre diferentes variables en la etapa después o durante el ejercicio

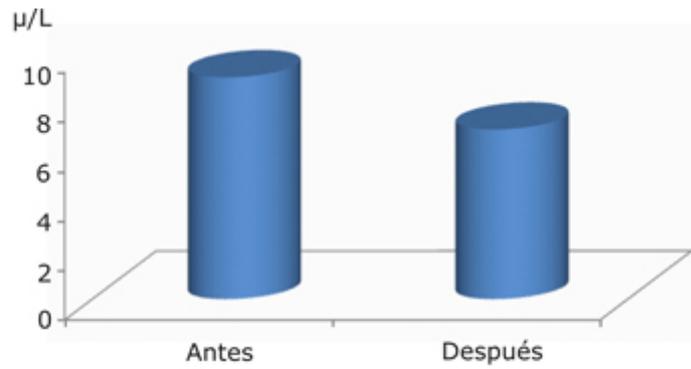
No.	Variable 1	Variable 2	Spearman		Kendall	
			r	p	r	p
1	Ácido úrico	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-0,384	0,04	-0,26	0,049
2	Albúmina	Grasa T	0,512	0,005	0,377	0,005
3	MDA	Vit. C	-0,414	0,025	-0,28	0,036
4	SOD	Vit. C	-0,467	0,011	-0,32	0,017
5	Catalasa	Zn	0,524	0,004	0,36	0,006



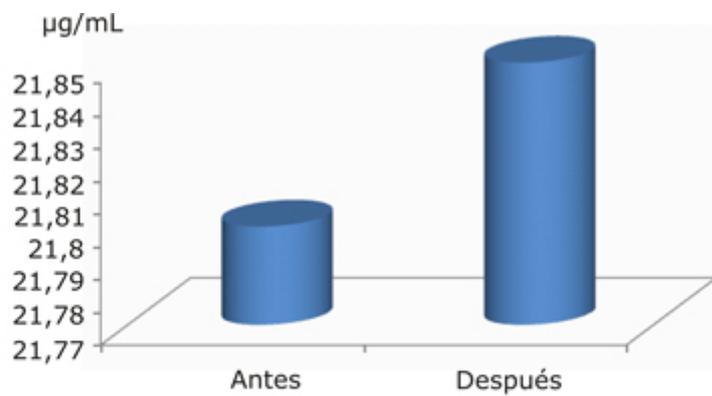
**Fig. 1.** Concentración plasmática de malondialdehído antes y después del ejercicio.



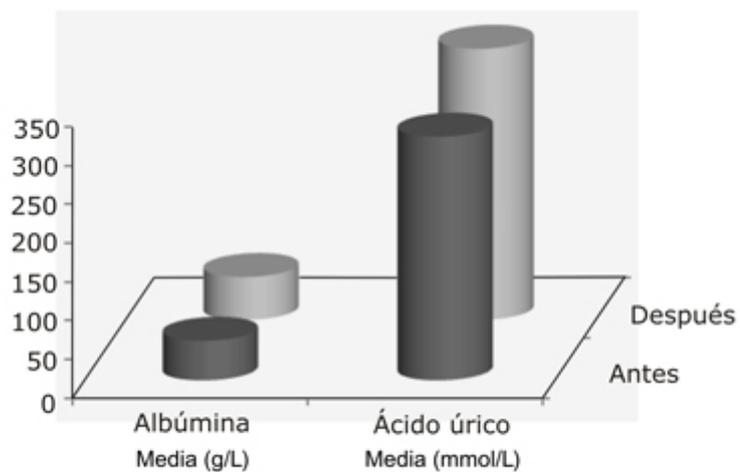
**Fig. 2.** Concentración sérica de catalasa antes y después del ejercicio.



**Fig. 3.** Concentración sérica de superóxido dimutasa antes y después del ejercicio.



**Fig. 4.** Concentración sérica de peróxido de hidrógeno antes y después del ejercicio.



**Fig. 5.** Concentración sérica de albúmina y ácido úrico antes y después del ejercicio.

## DISCUSIÓN

Las vitaminas A y E desempeñan una función importante en el mantenimiento del sistema de defensa antioxidante como vitaminas de la fase hidrosoluble y liposoluble respectivamente. Al parecer el aporte de vitamina E de la dieta no contribuyó a la protección de los lípidos contra los radicales libres al encontrarse un incremento significativo de MDA, indicador de peroxidación lipídica.

*Schmidt* y otros,<sup>5</sup> publicaron un estudio de la efectividad de una mezcla antioxidante (vitamina E,  $\beta$ -carotenos, ácido ascórbico, selenio, ácido  $\alpha$ -lipoico, N-acetil-1-cisteína, catequina, luteína y licopeno) en pos de reducir el estrés oxidativo en 40 marines norteamericanos, de 18 a 40 años de edad, durante 24 d en un campo de entrenamiento invernal a una altitud moderada. Se concluyó que hubo asociación entre un elevado nivel de estrés oxidativo y el ejercicio físico intenso en ambiente invernal y a moderada altura. Además, la mezcla antioxidante ensayada no atenuó los niveles de estrés oxidativo en el grupo en general, pero pudiera haber reducido el estrés oxidativo en los sujetos con estado antioxidante inicial bajo.

Un grupo de evidencias indica que los radicales libres desempeñan una función importante como mediadores del daño al músculo esquelético después de ejercicios extremos. Ha sido postulado que la generación de especies reactivas del oxígeno (EROs) está incrementada durante el ejercicio, como resultado del incremento del consumo de oxígeno por la mitocondria y por el flujo de transporte electrónico, que induce peroxidación lipídica, hallazgo que se encontró en este estudio, lo que coincide con lo hallado por otros investigadores.<sup>6,7</sup> La peroxidación lipídica es un factor determinante en el mecanismo de daño panendotelial ya que la existencia de lipoperóxidos producen también modificaciones de las proteínas asociadas a la membrana, enzimas, receptores y proteínas formadoras de canales, lo que provoca trastornos de los sistemas transportadores de membrana, con aumento de la permeabilidad para algunos elementos como el calcio, lo que produce activación de la fosfolipasa A2.

En la muestra objeto de estudio ocurrió peroxidación lipídica al final del ejercicio como consecuencia de este proceso, y para depurar radicales lipoperóxidos se encontró un incremento significativo en esta etapa de la enzima catalasa, respuesta del sistema de defensa antioxidante ante el incremento de lipoperóxidos como mecanismo fundamental en este caso. No se puede descartar la depuración del peróxido de hidrógeno formado por otras vías radicalarias, que incluyen la vía de la superóxido dimutasa y que en nuestra investigación no mostró cambios significativos, así como la concentración plasmática de  $H_2O_2$ . Con respecto a las concentraciones de albúmina y ácido úrico mostradas, se supone que en la primera hay una respuesta al mantenimiento del equilibrio coloidsmótico del plasma y el incremento del ácido úrico por ser un metabolito intermediario del catabolismo proteico. Ambos contribuyen como antioxidantes endógenos a la eliminación de especies reactivas del oxígeno; el ácido úrico además es un producto de la acción catalizadora de la enzima antioxidante xantina oxidasa.

Al correlacionar diferentes variables entre sí se confirma la hipótesis planteada por numerosos investigadores de que antioxidantes de origen exógeno administrados en la dieta, como la vitamina C, influye favorablemente en el mantenimiento de la capacidad antioxidante.

Se establece un desbalance redox como consecuencia de una actividad psicofísica intensa que se expresa mediante la aparición de peroxidación lipídica.

Hay respuesta antioxidante favorable para el tiempo de duración del ejercicio que de prolongarse, podría depletar esta respuesta.

Las variaciones encontradas en MDA pueden constituir factores de riesgo de enfermedad cardiovascular aterosclerótica en edades tempranas y limitar la vida útil del personal expuesto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vina J et al. Free radicals in exhaustive physical exercise: Mechanisms of production and protection by antioxidants. *Life*, 2000 Oct.-Nov.; 50(4-5):271-7.
2. Valeria C. Antioxidantes, radicales libres y ejercicio. [periódico en línea] Julio 2000 [citado de 5 de enero de 2007]: 23. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd23/radic.htm>
3. Martínez Sánchez G. Debate acerca del estrés oxidativo y su incidencia en las enfermedades. *Rev Cubana Farm* [periódico en la Internet]. 2007 Ago [citado 2009 Ene 14]; 41(2): Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75152007000200001&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152007000200001&lng=es&nrm=iso)
4. Cancino L, Leiva A, Garrido G, Cossío M, Prieto E. Vimang: los efectos antigenotóxico y modulador de las enzimas glutatión peroxidasa y glutatión-S-transferasa. *Rev Cubana Invest Biomed*. 2001; 20(1): 48-53.
5. Schmidt MC, Askew EW, Roberts DE, Prior RL, Ensing WY Jr, Hesslink RE Jr. Oxidative stress in human's training in a cold moderate altitude environment and their response to a phytochemical antioxidant supplement. *Wilderness Environ Med*. 2002; 13(2):94-105.
6. Dekkers JC, Van Doormen LJ, Kemper HC. The role of antioxidants vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage. *Sport Med* 1996 Mar; 21(3):213-8.
7. Vasankari TJ, Kujala UM, Rusko H, Sama S, Allotupa M. The effect of endurance exercise at moderate altitude on serum lipid peroxidation and antioxidative functions in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 75(5): 396-9.

Recibido: 16 de septiembre de 2008.

Aprobado: 3 de noviembre de 2008.

Cap. *Daimilé López Tagle*. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". Ave Monumental y Carretera de Asilo. Habana del Este. La Habana, Cuba. Correo electrónico: [ismm@infomed.sld.cu](mailto:ismm@infomed.sld.cu)

