

## **Pulso de Oxígeno relativo al peso como indicador de la eficiencia cardiovascular en deportistas de combate**

## **Pulse of Oxygen relative to weight as an indicator of cardiovascular efficiency in sportsmen of combat**

**Dra. María Elena González<sup>1</sup>; Dra. Evelina Almenares Pujadas<sup>2</sup>; Dra. Graciela Nicot<sup>3</sup>; Dr. José Raúl Amaro Chelala<sup>4</sup>; Dra. Mercedes González<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> MsC. en Control médico del entrenamiento. Especialista de Segundo Grado en Fisiología Normal y Patológica. Profesora Auxiliar . [mariae.gonzalez@inder.gob.cu](mailto:mariae.gonzalez@inder.gob.cu)

<sup>2,3</sup> MsC en Control Médico del Entrenamiento. Especialista de Segundo Grado en Medicina Deportiva. Profesora Auxiliar.

<sup>4</sup> Especialista de Primer Grado en Bioestadística . Investigador Agregado

<sup>5</sup> Dra. en Ciencias. Especialista de Segundo Grado en Medicina Deportiva. Profesora Consultante

### **RESUMEN**

Se realizó un estudio prospectivo, de corte transversal, y de aplicación con deportistas de combate de los Equipos Nacionales de Cuba de Boxeo, Taekwondo y Lucha grecorromana. Los sujetos fueron sometidos a una prueba de esfuerzo en condiciones de laboratorio con protocolos de trabajo diseñados específicamente para cada deporte en dos momentos de un macrociclo de entrenamiento (Inicio y Final de la PFG), con el objetivo de describir las adaptaciones cardiovasculares al entrenamiento y determinar la correspondencia entre estos cambios y el comportamiento del Pulso de Oxígeno como indicador de la eficiencia cardiovascular de los deportistas

Se encontró que a pesar de que el entrenamiento provocó modificaciones de la frecuencia cardíaca como respuesta adaptativa al entrenamiento, la utilización del indicador Pulso de oxígeno no resultó adecuado para reflejar estos cambios, no así cuando este indicador se expresó en función al peso corporal de los sujetos.

**Palabras Clave:** Pulso de Oxígeno, Eficiencia Cardiovascular, Deportes de Combate

### **ABSTRACT**

A prospective, cross-section study was done, including sportsmen of combat of Cuban national teams of boxing, Taekwondo and Greco-Roman wrestler. Subjects were submitted to a test of effort in conditions of laboratory applying the protocols specifically designed for each sports in two moments of a macrocycle of workout (beginning and ending of the PFG), with the objective of describing the adaptations cardiovasculares to the workout and determining the correspondence among these changes and the behavior of Pulse of Oxygen as a indicator of efficiency the sportmen. Although modifications provoked by the training in the cardiac frequency as an adaptative response, the employ of the indicator Pulse of oxygen did not prove to be adequate to show these changes, I did not grasp When this indicator expressed in show the corporal weight of subjects itself. The workout is a adaptative phenomenon that consists in a permanent process of adaptation to workloads with the end purpose to improve the capabilities that determine the performance. What he proves to be in a strategy scientifically based for an

adequate dosification of loads results utmost importance, like part of medical control of the workout could have evaluated these adaptations. The functional evaluation that comes true in different stages of the macrocycle of workout requires the record and (quantification) of one or more measurement of physiological variables, that they permit evidencing these changes. An of the ergometric parameters but utilized for the functional evaluation in addition to the peak consumption of oxygen, is the pulso of oxygen, that the quantity does not come from oxygen that burns away during a cardiac complete cycle. This term developed by Astrand in 1948 is a parameter that can get modified with the workout, reaching maximum valuables while he gets for himself the maximum consumption of oxygen. Precisely due to the dependence from this value, the maximum consumption of oxygen seemingly as of the cardiac Frequency that this reaches itself with the cardiovascular has considered traditionally an adequate indicator of efficiency. However, when they utilize indirect methods that take into account the corporal weight of subjects to evaluate the Oxygen uptake, the utilization of this indicator, its would be able to induce to errors in the interpretation of results, most of the competitive sport in heavy categories, in relation with the cardiovascular function in sportsmens what as in the case when they are compared the above named indicator in terms of the corporal weight intended that in this work demonstrated the scarce correspondence With others in terms of aptitude.

**Keywords:** Pulse of Oxygen, Efficiency Cardiovascular, Sports of Combat

## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento es un fenómeno adaptativo complejo que consiste en un proceso permanente de adaptación a las cargas de trabajo con el objetivo final de mejorar las capacidades que determinan el rendimiento <sup>1</sup>

Resulta de una gran importancia, como parte del control médico del entrenamiento poder evaluar estas adaptaciones lo que resulta en una estrategia científicamente fundamentada para una adecuada dosificación de las cargas.

La valoración funcional que se realiza en diferentes etapas del macrociclo de entrenamiento requiere el registro y la medición (cuantificación) de una ó mas variables fisiológicas, que permitan evidenciar estos cambios.<sup>2</sup>

Un de los parámetros ergométricos mas utilizados para la evaluación funcional además del máximo consumo de oxígeno, es el Pulso de oxígeno, que no es mas que la cantidad de oxígeno que se consume durante un ciclo cardíaco completo.

Este término desarrollado por Astrand en 1948,<sup>3</sup> es un parámetro que puede modificarse con el entrenamiento, alcanzando valores máximos al tiempo que se logra el consumo máximo de oxígeno.

Precisamente por depender su valor, tanto del consumo máximo de oxígeno como de la Frecuencia cardiaca con la que este se alcanza se ha considerado tradicionalmente un adecuado indicador de la eficiencia cardiovascular.

Sin embargo, cuando se utilizan métodos indirectos que tienen en cuenta el peso corporal de los sujetos, para evaluar el consumo de Oxígeno, la utilización de este indicador, podría inducir a errores a la hora de realizar la interpretación de los resultados, sobre todo en los deportes que compiten por categorías de peso, por lo que en este trabajo nos propusimos demostrar la pobre correspondencia de este indicador con la aptitud cardiovascular de los deportistas, a diferencia de lo que acontece cuando el indicador es expresado en función del peso corporal de los mismos.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se realizó un estudio prospectivo, de corte transversal, donde el universo de estudio estuvo constituido por los 42 boxeadores, 20 taekwondokas y 22 luchadores de lucha grecorromana, quienes formaban parte de los Equipos Nacionales de Cuba.

Todos los sujetos fueron agrupados según divisiones de peso en cuatro categorías, Ligeros, Medianos, Pesados y Superpesados, siendo sometidos a una prueba de esfuerzo máximo en un veloergómetro mecánico tipo Monark, con protocolos que fueron diseñados de forma específica para cada deporte<sup>4,5,6</sup> con frecuencia de pedaleo que se mantuvo en 60 rpm y previo electrocardiograma y prueba ortostática de reposo, estableciéndose como criterio de exclusión del estudio la presencia de alteraciones en las pruebas funcionales en reposo.

Todos los sujetos fueron estudiados al inicio y al final de la etapa de Preparación Física General, de diferentes macrociclos de entrenamiento durante el período comprendido entre el 2000-2005

Las pruebas fueron realizadas, en horas de la mañana teniéndose en cuenta todas las normativas y criterios metodológicos establecidos para la realización de este tipo de prueba.<sup>7</sup>

La frecuencia cardiaca se registró durante toda la prueba con un pulsímetro marca POLAR., anotándose el valor de frecuencia cardiaca que indicaba el pulsímetro en el segundo 58 de cada minuto desde el inicio de la prueba hasta el final de ésta.

Se determinaron las siguientes variables e indicadores fisiológicos

### **Pulsometría**

Los valores de FC fueron expresadas en lat/ min

### **Indicadores fisiológicos aeróbios**

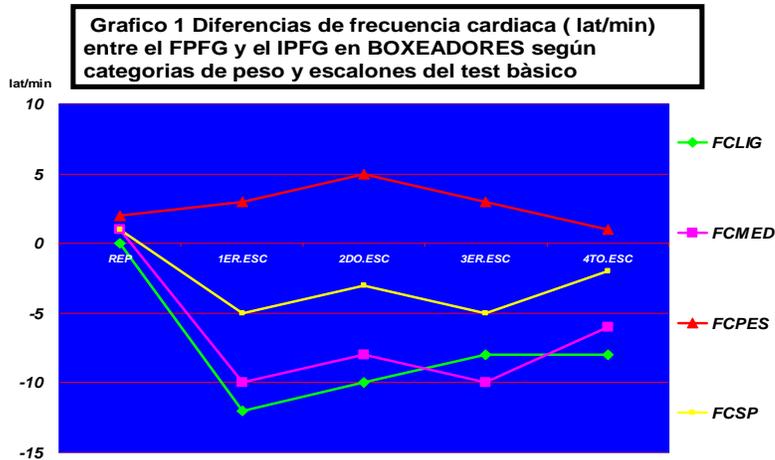
El procesamiento estadístico de los resultados se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS-PC versión 10 y una microcomputadora personal modelo PENTIUM IV.

Se determinaron las estadísticas descriptivas de las variables e indicadores fisiológicos por categorías de peso y momentos estudiados del macrociclo .

Se realizó una correlación de Pearson entre las categorías de peso y algunos indicadores funcionales para tratar de comprobar el grado de asociación entre ellos con un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ .

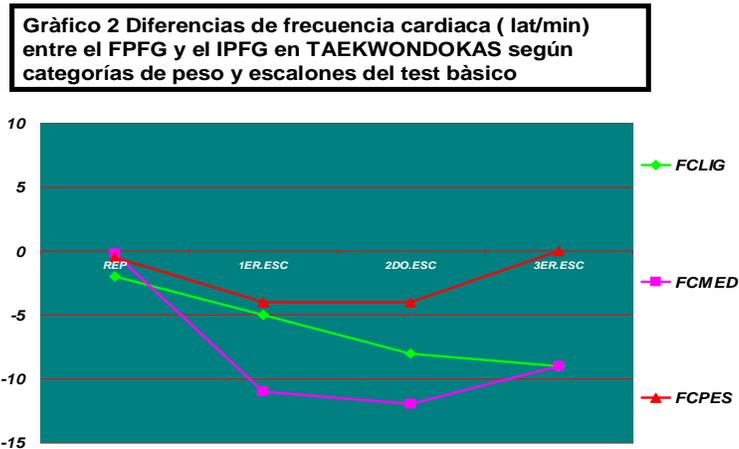
## **RESULTADOS**

Los gráficos 1, 2, y 3 reflejan el comportamiento de las diferencias de frecuencia cardíaca entre el final e inicio de la preparación general en cada uno de los escalones de los test submaximales en boxeo, taekwondo y lucha greco respectivamente y según categorías de peso.



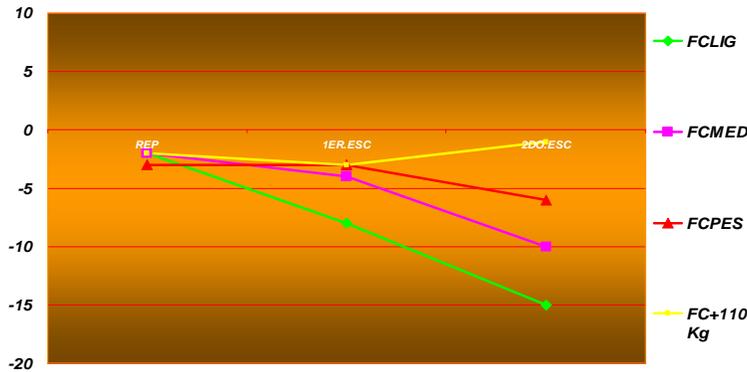
Fuente\_ Base datos Prueba de esfuerzo 2000-2001

En los tres gráficos puede apreciarse que las categorías ligeras y medianas, fueron las que mostraron las mayores diferencias de frecuencia cardiaca entre el inicio y final de la preparación general, no así los sujetos de categorías mas Pesados, quienes mostraron pocas diferencias al final de la etapa, en relación a los valores de frecuencia que presentaron durante la prueba inicial. Se destacan los sujetos de categoría Pesados en el boxeo, en los que la gráfica incluso se desplazó hacia valores superiores de frecuencia cardiaca al final de la etapa.



Fuente\_ Base datos Prueba de esfuerzo 2000-2003

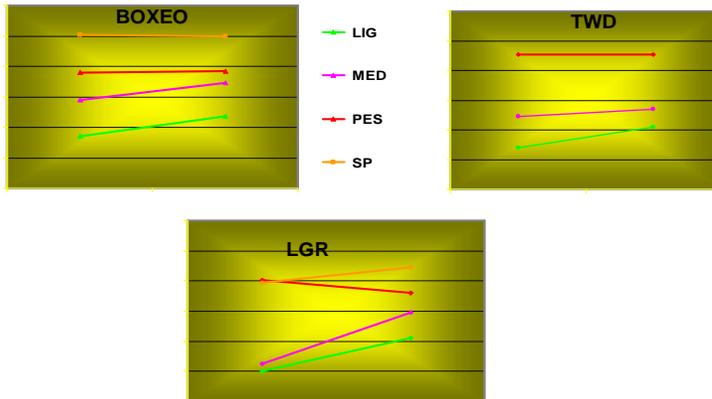
**Gráfico 3 Diferencias de frecuencia cardiaca ( lat/min) entre el FPFG y el IPFG en LUCHADORES según categorías de peso y escalones del test básico**



Fuente\_ Base datos Prueba de esfuerzo 2003-2004

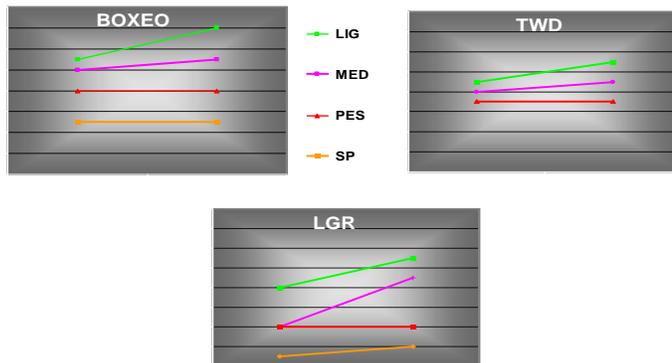
El Gráfico 4 muestra el comportamiento del Pulso de oxígeno en los dos momentos estudiados del macrociclo. Se aprecia que las categorías mas pesadas fueron las que mostraron los valores mas altos del indicador, tanto al inicio como al final de la preparación general, mientras que el Gráfico 5 muestra los resultados obtenidos para el indicador pulso de oxígeno relativo al peso corporal, apreciándose que el comportamiento de este indicador resulta totalmente contrario al obtenido para el indicador absoluto, siendo los sujetos de categorías Ligeros y Medianos los que mostraron los mas altos valores.

**GRÁFICO 4  
PULSO DE OXÍGENO SEGÚN CATEGORÍAS DE PESO Y ETAPAS  
EN DEPORTES DE COMBATE**



Fuente Base datos Pruebas de Esfuerzo 2000-2005

**GRÁFICO 5**  
**PULSO DE OXÍGENO RELATIVO AL PESO SEGÚN CATEGORÍAS DE PESO Y ETAPAS EN DEPORTES DE COMBATE**



Fuente : Base datos Prueba de Esfuerzo 2000-2005

En el Cuadro 1 se muestran los resultados de la correlación realizada entre las categorías de peso de los deportistas y las variables funcionales que también fueron determinadas en estos sujetos durante las pruebas realizadas , y que a su vez influyen en el valor del indicador Pulso de Oxígeno. Como puede apreciarse se observó una correlación negativa y débil entre las categorías de peso y la frecuencia cardiaca máxima, correlaciones aceptables y positivas entre las categorías de peso, el consumo máximo de oxígeno, y el pulso de oxígeno absoluto y correlaciones también aceptables pero negativas entre la potencia aerobia y el pulso de oxígeno relativos al peso corporal.

**CUADRO 1 RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES ENTRE CATEGORIAS DE PESO , LOS INDICADORES DE EFICIENCIA CARDIOVASCULAR Y POTENCIA AEROBIA**

	FCM	VO2M	VO2/Kg	VO2/FC	VO2/FC/Kg
CATEGOR DE PESO	- 0,167*	0,789**	- 0,742**	0,764**	- 0,610**

\*\*P ≤ 0,01

\* P ≤ 0,05

## DISCUSIÓN

En nuestro estudio las tendencias a mostrar frecuencias cardiacas mas bajas en cada uno de los escalones de carga al final de la preparación general, mostradas por las categorías ligeros y medianos las consideramos como expresión de una asimilación adecuada de las cargas de entrenamiento,<sup>9</sup> lo que habla a favor de un mejor rendimiento funcional desde el punto de vista cardiovascular en los sujetos de estas categorías. El peor comportamiento lo mostraron los sujetos agrupados en las categorías mas pesadas en los que la frecuencia cardiaca disminuyó en menor cuantía en los escalones de carga o incluso aumentó ( boxeadores ) al final de la

preparación general, lo que apunta a un peor comportamiento desde el punto de vista cardiovascular de estos deportistas.

Aunque el pulso de oxígeno, definido como la cantidad de oxígeno que se consume durante un ciclo cardíaco completo, ha sido tradicionalmente considerado como un buen indicador de la eficiencia cardiovascular de los sujetos.(4) sin embargo en nuestro trabajo se apreció, que utilizando el Pulso de Oxígeno de forma absoluta, los resultados que se obtuvieron no reflejaron con exactitud la eficiencia cardiovascular de las diferentes categorías de peso, ya que contradictoriamente fueron los sujetos mas pesados los que mostraron los valores mas altos del Pulso de Oxígeno, cuando en realidad fueron ellos los que mostraron el peor rendimiento cardiovascular durante el estudio.

El efecto de eliminar la influencia que ejerce el peso en este indicador, dio mejores resultados para la evaluación funcional, ya que en estas condiciones, los sujetos ligeros y medianos fueron los que arrojaron los valores mas altos del indicador en los dos momentos estudiados y en comparación con las restantes categorías de peso, como muestra de una mayor eficiencia aerobia, o cardiovascular.

De acuerdo a estos resultados, consideramos que si bien en muchos deportes el pulso de Oxígeno es un indicador adecuado con estos fines, no resulta de igual valor en los deportes en los que se compite por categoría de peso y sobre todo para evaluar a las categorías de mayor peso, ya que puede dar una información errónea acerca de la eficiencia cardiovascular de los sujetos por dos razones fundamentales, primero, porque son los sujetos de categorías mas pesadas los que generalmente se esfuerzan menos durante el trabajo, y por tanto terminan con frecuencias cardiacas mas bajas, y segundo, la situación se ve agravada mas aun si se determina el consumo de oxígeno de forma indirecta y utilizando ecuaciones predictivas en las que el peso corporal influye directamente en el valor de este indicador. De hecho los resultados obtenidos para las correlaciones realizadas confirman estos planteamientos y permiten recomendar, la utilización del indicador en su forma relativa al peso, cuando se necesite determinar la eficiencia cardiovascular en deportistas que compiten por divisiones de peso.

## **CONCLUSIONES**

1. Los sujetos de categorías Ligeros y Medianos, fueron los que lograron las frecuencias cardiacas mas bajas como indicativo de una mejor adaptación cardiovascular a las cargas de entrenamiento durante la etapa estudiada.
2. Se comprobó el valor limitado del pulso de oxígeno como indicador de eficiencia cardiovascular en los sujetos que compiten por categoría de peso arrojando en este sentido mejores resultados el " pulso de oxígeno relativo al peso corporal".

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Rodríguez GFA. Fisiología, valoración funcional y deporte de Alto Rendimiento. Apuntes. Educación Física y Deportes 1989;15:14-17,48-56
2. Rodríguez FA, Aragonés MT. Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En: González GJ, editores. Fisiología de la Actividad Física y Deporte. 1ra. Ed. Madrid: Interamericana Mc Graw Hill; 1992, p237-274
3. López CH J, Fernández VA. Otros parámetros ergométricos. En: López CH J, Fernández VA eds. Fisiología del Ejercicio 2nd ed. Madrid: Ed Medica Panamericana; 1998, 271-276.

4. González RME. Diseño de una prueba de esfuerzo para la evaluación del rendimiento en boxeadores cubanos de alto rendimiento. Tesis de Master en Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Ciudad de la Habana: IMD;2002
5. Simón KA. Diagnostico funcional del rendimiento en Taekwondokas de elite. Tesis de Master en Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Ciudad de la Habana: IMD; 2003
6. Uvelino MP. Diagnóstico del rendimiento aerobio- anaerobio en condiciones de laboratorio de luchadores cubanos del equipo nacional de Lucha Greco Romana. Tesis de Especialista de 1er. Grado en Medicina del Deporte. Ciudad de la Habana: IMD;2004
7. Rodríguez GFA. Bases metodológicas de la valoración funcional. Ergometría En González IJ, Villegas GI, editores. Valoración del Deportista. Aspectos biomédicos y funcionales.1ra Ed. Pamplona: FEMEDE;1999,p 235-270
8. Wasserman K. Prediction of oxygen uptake and CO<sub>2</sub> output for any given workload in watts. In . Erich Jaeger eds. Ergoespirometry Seminar .Predicted values for exercise testing. Alemania: Jaeger,1981; p4-6
9. Almenares PE. Evaluación Médico Pedagógica en deportes de Combate. Tesis de Master en Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Ciudad de la Habana: IMD; 2000