



**Revista Cubana de Medicina del Deporte v5n1 Enero-Abril 2010**

## **ARTÍCULOS ORIGINALES**

**Pruebas de esfuerzo: algunas consideraciones teóricas. Experiencias en su aplicación"**

**Effort tests: some theoretical considerations. Experiences in its application**

**Segunda parte**

**Dra. Pilar Castellanos Delgado<sup>1</sup>**

**Dr. Adán Sánchez Martínez<sup>2</sup>** [adansanchez@infomed.sld.cu](mailto:adansanchez@infomed.sld.cu)

<sup>1</sup> Especialista de segundo grado en medicina del deporte e investigadora auxiliar

<sup>2</sup> Especialista de segundo grado en medicina del deporte, profesor auxiliar e investigador agregado

## **RESUMEN**

Se describe el procedimiento para hacer la prueba de esfuerzo en sujetos sanos, deportistas; sus fundamentos y las condiciones para su realización, indicaciones y requisitos, ya sea en estera rodante o en cicloergometro. Se describe el papel del aparato respiratorio y sus limitaciones.

**Palabras claves:** cicloergometro, aparato respiratorio, prueba de esfuerzo, estera rodante

## **ABSTRACT**

This study has described the procedure to realize the effort test in healthy subjects, sportsman, Its basics and conditions for its realization, indications and requirements, either in trend miller or in ergocycle. Besides, the respiratory system role and its limitations have been described.

**Keyword:** Ergo-cycle, respiratory system, effort test, trend miller

## **FUNDAMENTOS DE LA PRUEBA DE ESFUERZO**

Ya sea con los escalones, con ergómetro de banda sin fin, bicicleta o bien con ejercicios isométricos es un procedimiento incruento que permite evaluar el grado adecuado de la circulación coronaria para los requerimientos aumentados de O<sub>2</sub> de la fibra miocárdica durante el ejercicio físico.

La frecuencia cardiaca es fácil de medir y guarda una relación lineal con el máximo consumo de oxígeno ( $MVO_2$ ).

Una prueba que refleja groseramente el  $MVO_2$  es obtener el "doble producto" que es igual a la tensión arterial sistólica por la frecuencia cardiaca. ( $DP=TA_{sist} \times FC$ ) y refleja el trabajo del corazón. Los valores normales están entre 6600 y 11050 en reposo.

De todos los métodos para la determinación del  $MVO_2$  el más difundido es la prueba de esfuerzo gradual y progresiva y que tiene las siguientes condiciones:

1- Es medible. El esfuerzo realizado se expresa en unidades físicas precisas y objetivas.

2- Es reproducible. A través de una igual calibración y duración del esfuerzo realizado, permite hacer estudios comparativos en el desarrollo de un esfuerzo o bien en el mismo individuo en distintos periodos.

3- Es graduable. El trabajo tiene un perfil ascendente continuo, con cargas progresivas crecientes a partir de un mínimo y de acuerdo con la aptitud de cada sujeto.

4- Cuenta con un buen margen de seguridad, permite el estudio continuo de las respuestas del organismo durante el

esfuerzo y detecta cualquier alteración, lo que aumenta el grado de seguridad e inocuidad de la prueba.

Mediante esta prueba puede medirse la capacidad funcional (CF). Esta CF la podemos expresar midiendo la resistencia que el sujeto debe vencer (Kgm/min., watts) o el costo o gasto para lograrlo ( $VO_2$ , KCal).

El  $VO_2$  normal es de 3.5 ml/min X kg. de peso corporal, es el costo energético del metabolismo basal.

La unidad metabólica (MET) es utilizada para medir el esfuerzo y expresar la capacidad funcional. Es la unidad que más se ha difundido y equivale a un consumo de  $O_2$  de reposo ( 245ml/min para un sujeto de 70 Kg. y de 350ml /min. para un sujeto de 100 Kg.)

Existen tablas en las que se expresa en METS el consumo de  $O_2$  y que permiten, conociendo la capacidad funcional del sujeto, regular y elegir las que a él se avengan.

Para realizar las pruebas de esfuerzo gradual se utilizan la estera o la bicicleta ergométrica. Estudios comparativos entre ellas muestran un mayor  $VO_2$  cuando se corre en la estera, sin embargo, si consideramos que la capacidad corporal máxima ( $VO_2$  máx) no depende exclusivamente de la actividad cardiaca, es razonable pensar, que las diferencias entre los dos ergómetros no representan un diferente desempeño miocárdico

## INDICACIONES DE LA PRUEBA DE ESFUERZO

1- Diagnóstico

2- Evaluación de la capacidad de esfuerzo. Control del entrenamiento físico en atletas

### REQUISITOS PARA LAS DISTINTAS PRUEBAS.

(en estera o cicloergómetro)

- no haber entrenado el día anterior
- rasurar y desengrasar donde se sitúan los electrodos, una vez fijados, poner una banda elástica para obtener mas nitidez del trazado electrocardiografico
- conocer los fines que se persiguen, explicarlos al sujeto enseñarle como debe realizar la prueba, por ejemplo, como caminar en la estera, no recargar el peso del cuerpo en la barra o en el manubrio, para evitar el ejercicio isométrico que esto conlleva.
- advertirle que avise si percibe cualquier sensación anormal, mareos, angor pectoris o agotamiento físico.
- permitir un ensayo de 2 min.
- usar zapatos con suela de goma.

## FORMAS DE EXPRESION DE LA POTENCIA O DEL TRABAJO DESARROLLADO POR LAS CARGAS.

1- Kg x min (unidad de potencia) Expresa el trabajo externo, mide básicamente la elevación de un peso en sentido vertical en un tiempo dado (1 Kg a 1 m de altura en un min). Al caminar o subir escaleras, el ascenso no es vertical pues se utilizan planos inclinados. En la bicicleta ergométrica el trabajo se realiza al pedalear contra una resistencia.

2- Watt (unidad de potencia)

$$1 \text{ watt} = 6.12 \text{ Kg x min}$$

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule x s}$$

$$1 \text{ watt} = 0.102 \text{ Kgm x s}$$

$$1 \text{ watt} = 0.24 \text{ cal x s}$$

$$1 \text{ watt} = 14.40 \text{ cal x min}$$

3- Caloría (equivalente metabólico). Es una unidad de producción de calor. Para fines clínicos 1 cal. equivale a 200 ml de  $\text{VO}_2$  1 L. de  $\text{VO}_2 = 5 \text{ cal.}$

4- MET (unidad fisiológica). Es el requerimiento energético para la homeostasis basal en reposo sentado, equivale a 3.5 ml. de  $\text{O}_2$  (4.0 para otros autores) por Kg.de peso corporal en 1 min. de acuerdo con esta definición, un individuo de 70 Kg. consumirá  $70 \times 3.5$  ó  $4.0 = 245$  ó 280 ml. de  $\text{O}_2$  por min., lo cual equivale a 1.2 ó 1.4 cal. x min.

5- Unidad de  $VO_2$ . Es la cantidad de  $O_2$  necesaria para realizar una carga dada de trabajo. Puede expresarse en:

a) L. ó ml. de  $O_2$  x min.

b) L. ó ml. de  $O_2$  x min. x Kg. de peso

c) L. ó ml. de  $O_2$  x min. x sístole ( pulso de  $O_2$  )

d) tiene su aplicación práctica real en aquellos trabajos donde el peso corporal está incluido en la actividad (caminar). Es un factor muy importante cuando usamos estera o bicicleta.

e) expresa eficiencia cardiovascular.

## PRUEBAS EN EL CICLOERGOMETRO

Estas pruebas han sido utilizadas para valorar la respuesta cardiaca al esfuerzo y la determinación del  $MVO_2$  tanto en pacientes cardíopatas, como en deportistas entrenados.

Se usan en él, métodos directos o indirectos que pueden aplicarse en forma continua o intermitente, aparentemente con iguales resultados.

Los fundamentos fisiológicos de las pruebas con este tipo de ergómetro se basan en los experimentos de Von Döbeln, Astrand, Margaria y Saltin (final de los años 50, principios de los 60). Los criterios de estos investigadores siguen vigentes hasta la fecha.

La mayoría de los protocolos para bicicleta ergométrica contemplan cargas de trabajo en condiciones sub-maximales.

La duración de las pruebas de esfuerzo en el cicloergómetro, es variable, Existen desde las pruebas de una sola etapa (2-6 min.) carga única, hasta las de multi etapas (1-2-3 min.) por escalones con cargas progresivas.

Para determinar el trabajo desarrollado sobre el ciclo ergómetro se utiliza la siguiente ecuación:

$$W = R(n) d f$$

Donde:

R = resistencia aplicada a la rueda, usualmente en Kg.

n = constante de la circunferencia de la rueda = 3.1416

d = diámetro de la rueda

f = frecuencia de pedaleo por min.

Por supuesto el trabajo varía con el número de revoluciones por minuto, y es la única variable sujeta a la resistencia del sujeto, y que puede ser modificada inconcientemente durante la ejecución de la prueba, por lo que la frecuencia de pedaleo debe mantenerse entre 50 y 60 rpm en los cicloergómetros de freno mecánico. En los electro-mecánicos la carga no es dependiente del número de pedaleos por minuto.

#### PRUEBAS EN ESTERA (Banda sin fin)

Estas pruebas han sido diseñadas para evaluar la capacidad de rendimiento físico por medio de la medición directa del análisis de las muestras de los gases espirados.

Son fundamentalmente métodos directos para la determinación del  $MVO_2$ , aunque en la actualidad por medio



de la inferencia estadística algunos protocolos se han modificado y son utilizados para el cálculo directo.

Las bases fisiológicas de estas pruebas se hallan en los descubrimientos de Bruce y Margaria, quienes al principio de la década de los 60, relacionaron en forma directa el rendimiento, la carga, la frecuencia cardiaca, y el MVO<sub>2</sub>. Estos principios siguen vigentes.

Todas las pruebas de esfuerzo realizadas con este tipo de ergómetro, aunque deficientes, tienen criterios comunes. Son de etapas múltiples, con duración de 3 o más minutos cada una (tiempo suficiente para la adaptación y estabilización de la frecuencia cardiaca); la carga es variable, relacionada con la velocidad, la inclinación de la banda y el peso del sujeto; la recolección de la muestra de gases espirados se puede efectuar constantemente o al final de cada etapa, dependiendo del analizador de gases que se utilice.

En las investigaciones realizadas con diferentes deportes se observa un mayor MVO<sub>2</sub> en la estera que en la bicicleta (4) . Los resultados muestran que después de una carga en cicloergómetro y después de una carrera , el MVO<sub>2</sub>, en ambos casos es similar. Se concluye que la prueba induce alteraciones de la función pulmonar no significativas que pueden ser asociadas a las alteraciones musculares y a la hipoxemia inducida por el ejercicio en deportistas no elites (13).

Todas han sido diseñados para valorar pacientes cardiopatas y han sido modificadas y adaptadas para la evaluación de deportistas.

La velocidad se ha establecido en millas ó Km / hora y la pendiente en porcentaje de inclinación.

La ecuación para calcular el trabajo sobre la banda es la siguiente:

$$W = (v p) \text{ sen de } O$$

Donde:

W = trabajo realizado

v = velocidad de la banda

p = peso del sujeto

sen de O = % de inclinación.

El trabajo realizado en la banda es de características maximales, por lo que debe realizarse control electrocardiógrafo durante el esfuerzo.

**INFLUENCIA DEL TIPO DE ERGOMETRO A UTILIZAR EN LOS TESTS (por ej. tomas de lactato).**

Jacobs afirmo en 1986 que el tipo de ergómetro utilizado influye sobre la intensidad a la cual aparece una concentración determinada de lactato. En lo que se refiere a la banda sin fin y al cicloergometro, la concentración de 4 Mml/L aparecerá en la mayoría de los sujetos a cifras de  $VO_2$  mayores durante el ejercicio en la estera (Hermansen, Saltin 1969 Kinderman 1980).

Esta diferencia suele atribuirse a la mayor masa muscular reclutada durante el ejercicio en la banda. Sin embargo, la diferencia descrita en cuanto a la concentración de lactato no es una función directa del menor  $MVO_2$  alcanzado durante el ejercicio en la bicicleta (10 por 100 ) (Jacobs y Sjodin 1985). Ellos demostraron un 16 por 100 más de  $VO_2$  a los 4Mml/L durante el ejercicio en la estera, pero solo un 9 por 100 mas de  $MVO_2$  sobre la banda y solo al 79 por 100 de  $MVO_2$  sobre el cicloergometro ( dif significativa).

Tesh y Lindeber (1984) compararon también la concentración de lactato en ergómetro de brazos, demostrando que otros factores además de la masa muscular por si, son responsables de la respuesta del lactato en sangre.

Con la continuación de las investigaciones, en torno a estas diferencias se irá esclareciendo progresivamente, lo que en realidad es más importante, la base fisiológica y esto permitirá aplicaciones mucho mas exactas y mejores resultados.

Este perfil fisiológico varía en deportistas que comenzaron con otros deportes de los que ahora practican, tal es el caso de jóvenes que su primer deporte fue el triatlón y en los que esa base aeróbica por excelencia influye en los resultados de los test que posteriormente realicen (14).

## CONSUMO DE OXIGENO ( $VO_2$ )

Cuando un hombre comienza a caminar o correr en un tread mill, inmediatamente comienza un **gasto de energía** a un valor que es proporcional a la intensidad del movimiento. Sin embargo su  $VO_2$  no aumenta inmediatamente al nivel requerido para aportar, mediante la oxidación, toda la energía gastada aun en un trabajo ligero, ni esta regresa al instante al nivel de reposo cuando el trabajo cesa.

El  $VO_2$  aumenta rápidamente del nivel de reposo en los dos primeros min. y luego se observa una estabilización. Cuando el trabajo continua a una intensidad constante el  $VO_2$  permanece constante.

El máximo  $VO_2$  de un hombre se refiere a su máxima intensidad de energía aeróbica liberada para un determinado trabajo (liberación de energía oxidativa)

El  $MVO_2$  aumenta con el entrenamiento. Si hay set. Con la edad disminuye de 50 ml/kg., a partir de los 18 años de edad, a 26 ml/kg. a los 75 años.

## PAPEL DEL APARATO RESPIRATORIO COMO LIMITANTE DEL $VO_{2máx}$

Durante el ejercicio físico aumenta la demanda de oxígeno en varios tejidos, especialmente en la musculatura activa ; para satisfacer esta mayor demanda de oxígeno aumenta coordinadamente la actividad del aparato circulatorio y respiratorio. De poco serviría disponer de una alta concentración de hemoglobina si ésta no se satura adecuadamente con oxígeno a su paso por los alvéolos pulmonares.

Tampoco reportaría ninguna ventaja tener un gasto cardíaco máximo muy elevado si la sangre a su paso por los pulmones no se oxigena completamente. El  $\text{VO}_2$  máximo nunca puede ser superior a la capacidad máxima de transporte de  $\text{O}_2$ . Recuérdese, que más del 99% del  $\text{O}_2$  presente en la sangre se halla unido a la hemoglobina, mientras que menos del 1% se halla disuelto en el plasma.

La capacidad máxima de transporte de oxígeno ( $\text{CMTO}_2$ ) se obtiene multiplicando el contenido de oxígeno de la sangre arterial ( $\text{CaO}_2$ ) por el gasto cardíaco máximo ( $\text{Qmax}$ ). A su vez el contenido de oxígeno de la sangre arterial resulta de multiplicar la saturación de la hemoglobina ( $\text{SatHb}$ ), expresada en tanto por uno, por la concentración de hemoglobina en la sangre ( $\text{Hb}$ ) por 1.34 ml. , pues cada gramo de Hb es capaz de transportar 1.34 ml. de  $\text{O}_2$ .

Al valor obtenido hay que sumarle una pequeña cantidad de oxígeno disuelto en la sangre, que es directamente proporcional a la presión parcial de  $\text{O}_2$ . En condiciones normales la presión parcial de  $\text{O}_2$  en la sangre arterial es unos 100 mmHg por lo que en cada ml. de sangre se hallarán 0.003 ml. de  $\text{O}_2$  en forma disuelta.

$$\text{CMTO}_2 = (\text{CaO}_2) \times \text{Q max}$$

$$\text{ya que } \text{CaO}_2 = (\text{SatHb} \times \text{Hb} \times 1.34) + \text{O}_2 \text{ disuelto}$$

tenemos que :

$$\text{CMTO}_2 = (\text{SatHb} \times \text{Hb} \times 1.34 + \text{O}_2 \text{ disuelto}) \times \text{Qmax}$$

En un adulto del sexo masculino a nivel del mar, obtendremos los siguientes valores para los parámetros anteriores.

Hb = 15 g./ 100 ml.

SatHb = 0.98

pO<sub>2</sub> = 100 mm. Hg.

¿Cuál sería la capacidad máxima de transporte de O<sub>2</sub> de este sujeto, si su Q<sub>max</sub> fuera de 25 litros por min?

$$CMTO_2 = ( 0.98 \times 0.15 \text{ g.ml} \times 1.34 \text{ ml.g} ) + 0.003$$
  
ml.ml x 25000 ml.min.

CMTO<sub>2</sub> = 5000 ml. de O<sub>2</sub>

De los términos incluidos en la ecuación que define la capacidad máxima de transporte de oxígeno, el aparato respiratorio es responsable de lograr que el nivel de saturación de la hemoglobina sea el más alto posible. Cuando los sujetos no entrenados realizan ejercicios hasta el agotamiento a nivel del mar, los niveles de saturación de la Hb en sangre arterial son similares (o descienden muy ligeramente) en relación a los que presentan en reposo.

Esta observación se ha tomado como indicativo de que , incluso durante el ejercicio de alta intensidad, la Hb alcanza valores casi máximos de saturación a su paso por los alvéolos pulmonares. Si el VO<sub>2</sub> max estuviera limitado por el aparato respiratorio cabría observar una disminución de la saturación de la Hb ( o desaturación) en esfuerzos que requieren un gasto cardíaco máximo

Factores que limitan el MVO son:

1. Transporte O<sub>2</sub> por la circulación
2. Utilización de O<sub>2</sub> por los tejidos
3. Capacidad de difusión por los pulmones.

El 1o. depende del gasto cardíaco y el 2do. puede ser que la utilización este disminuida por la parte muscular y no por la capacidad de circulación. Ni la capacidad de ventilar de los pulmones ni la capacidad de difusión del  $O_2$  es un factor limitante en el  $MVO_2$  de un hombre saludable y normal.

Existen diferentes métodos para la determinación directa del  $MVO_2$ , nosotros utilizamos el método de cargas biológicas que consiste en la aplicación de cargas escalonadas de tres o mas minutos, cuya dosificación esta en relación con algunos indicadores biológicos como el peso, la frecuencia cardiaca en reposo, la edad, el sexo, el tipo de deporte y la edad deportiva.

En la mayoría de los casos, entre el min. 10 y el min. 13 obtenemos el  $MVO_2$  así como variables que de él se derivan como son: el pulso de  $O_2$  ( $MVO_2$  FC), el equivalente ventilatorio de ese min. ( $VE$   $MVO_2$ ) y el volumen min. máximo (MVE).

Una vez alcanzado el  $MVO_2$ , se registran minuto a minuto los mismos parámetros durante la recuperación, la cual se prolonga hasta que el  $VO_2$  alcance el valor de reposo, pudiendo determinar de esta forma la deuda de oxígeno y sus dos fracciones (láctacida y aláctacida).

El  $MVO_2$  es el indicador aeróbico por excelencia y por tanto, todos aquellos factores que tiendan a incrementar la captación de oxígeno por las células, favorece el incremento de la capacidad aeróbica, entre estos factores tenemos:

1. Aumento del gasto cardíaco
2. Aumento de la concentración de Hb.
3. Aumento de la diferencia arteriovenosa para el oxígeno.

Es altamente comprensible que para los deportes de resistencia (Remos, Kayak, Ciclismo ruta, Maratón, etc.) el  $\text{MVO}_2$  es el indicador más importante para la evaluación periódica de los deportistas de estas disciplinas, sin embargo, hay que señalar que en el deporte actual de alto rendimiento, no existe ningún evento aeróbico o anaeróbico puro, solamente hay predominio de una u otra fuente de energía.

Así mismo se debe destacar el valor relativo del  $\text{MVO}_2$  con el peso corporal ( $\text{MVO}_2 / \text{Kg.}$ ) y que para nuestro criterio es un indicador más determinante que el  $\text{MVO}_2$  absoluto.

Otra variable importante para la evaluación de la capacidad aeróbica es el pulso de oxígeno ( $\text{MVO}_2 / \text{FC}$ ) ya que nos muestra las posibilidades de consumo de oxígeno por sístole ventricular expresando así la eficiencia cardíaca.

Actualmente se utilizan métodos submaximales para medir la reserva funcional cardiorespiratoria ( OIES oxygen intake efficiency slope) relacionando el  $\text{VO}_2$  y la ventilación por minuto durante un ejercicio con incrementos de carga y que al igual que otros métodos submaximales tratan de acercar sus resultados a los que se obtienen por la vía directa con un porcentaje aceptable de error, pero, por supuesto, no con la intención de sustituirla; por lo menos hasta el momento no existe, en la bibliografía revisada , un método submaximal para la obtención del  $\text{MVO}_2$  que se corresponda con el método directo en un 100 %.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Astrand P.O. Fisiología del ejercicio y del trabajo físico. Mc Graw - Hill Book Co. N.Y. 1986.
2. Astrand P.O. y Rodhal K. Bases fisiológicas del ejercicio. 3a. ed. 1992.
3. Astrand P.O. Ryhming . A normograph for calculation of aerobic capacity from rate during submaximal work. J. Appl Physiol 7:218-21 1954.
4. Basset F.A. Boulay M.R. Specificity of tread mill and cycle ergometer tests in triathletes runners and cyclists. Eur J APPL Physiol 2000 Feb; 81 (3):214-21.
5. Basset DR; Edward JR; Howley T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Mes. Sci. Sports. Exerc. 2000; 32 : 70
6. Bergh U. Ekblom B. Astrand P O. Maximal Oxygen uptake "classical" versus"contemporary" viewpoints. Med. Sci. Sports Exerc. 2000; 32 : 85
7. Blanco H. J. Areas funcionales de entrenamiento. Formación continuada. Archivos de Medicina Deportiva. Vol XV No. 63 : 61-63 1998.
8. Blanco Herrera J. Conferencias sobre umbral anaeróbico y deuda de O<sub>2</sub>. I.M.D. Cuba 1986.
9. Blanco H. J. Determinación de la zona de transición aeróbico-anaeróbico en atletas cubanos. Archivos Medicina Dep. Vol. 1 No. 21:175-179. 1989.
10. Calbet J.A.L. Factores determinantes de la resistencia cardio-respiratorio: papel del aparato

respiratorio. Archivo Med. Deportiva Vol XV No. 63: 47-54. 1998.

11. Carvalho P. Fisiología Esportiva . 2 ed. Guanabara Koogan. 1983.

12. Cooper, K.H. Aerobics. Mc Evans and Co. New York 1968.

13. Ferguson, T. [Aerobic and anaerobic systems.](#) , In Ferguson, T. (ed.), GCSE physical education: a revision guide, Champaign, Ill., Human Kinetics, c2002, p.39-43;168-171;219.

14. Fox E.L. Fisiología del deporte. 2 ed. Philadelphia. W.B. Saunders. 1989.

15. George, James D.; Paul, Samantha L.; Hyde, Annette; Bradshaw, Danielle I.; Vehrs, Pat R.; Hager, Ronald L.; Yanowitz, Frank G. [Prediction of Maximum Oxygen Uptake Using Both Exercise and Non-Exercise Data.](#) Measurement in Physical Education & Exercise Science Jan-Mar2009, Vol. 13 Issue 1, p1

16. González Gallego J. Fisiología de la actividad física y del deporte. Interamericam. Mc Graw-Hill . 1994.

17. Grassi B. Skeletal muscle VO<sub>2</sub> on kinetics; set by O<sub>2</sub> delivery or by O<sub>2</sub> utilization? New insights into an old issue. Med. Sci. Sports Exerc. 2000; 32 : 108

18. Guyton A.C. Fisiología Humana 6a. ed. Ed. Revolucionaria 1987.

19. Hepple R.T. Skeletal muscle: neurocirculatory adaptation to metabolic demand. Med.Sci. Sports Exerc. 2000; 32 : 117

20. Hill A. V, Hale, Tudor. [History of developments in sport and exercise physiology: A. V. Hill, maximal oxygen uptake, and oxygen debt.](#) Journal of Sports Sciences Feb2008, Vol. 26 Issue 4, p365
21. Hobo S et al Is ventilation during maximal exercise limited by dynamic airway closure?. Equine Vet J Suppl 1999 Jul 30 :39-44
22. Hue O, et al Performance level and cardiopulmonary responses during a cycle run trial Int J. Sport Med 2000 May, 21 (4): 250-5
23. Hue O, et al Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes.can J. Appl Physiol 2000. Apr,25 (2):102-13
24. Karpman. Investigaciones físicas de la capacidad de trabajo en los deportistas. Cultura y Deportes. Moscú .1974.
25. Lamb D. Respuestas y adaptaciones. Fisiología del ejercicio. Purduc University West Lafayette. Indiana, N.Y. 1985.
26. Leger L et al Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. Sports medicine 1:270-277. 1984.
27. Lehninger. Fisiología del ejercicio. 1980.
28. LEGH, CHRIS, [ANAEROBIC THRESHOLD RUNNING](#), Australian Triathlete 2009, Vol. 16 Issue 8, p66

29. López Chicharro J. et al Fisiología del ejercicio físico. Interamericana Mc Graw-Hill.Madrid. 1995.
30. López Chicharro J. et al Umbral anaeróbico bases fisiológicas y aplicaciones interamericana. Mc Graw-Hill. Madrid 1991.
31. Margaria R. et al. Measurement of muscular (anaerobic) power in man. J. Appl. Physiol.1966; 21: 1662
32. Margaria R. et al . A simple relation between performance in running and maximal aerobic power. J. appl. Physiol. 38: 351-352 1975.
33. Mazorra R. Actividad física y Salud. La Habana. Cuba 1984
34. Meyer, T.; Welter, J.P.; Scharhag, J.; Kindermann, W. [Maximal oxygen uptake during field running does not exceed that measured during treadmill exercise.](#) European Journal of Applied Physiology Jan 2003: Vol. 88 Issue 4/5. p.
35. Mc. Ardle Katch-Katch. Exercise Physiology. Energy, nutrition and human performance 4th. Ed. 1996.
36. Mc Ardle W. Fisiología del ejercicio 1990.
37. Mickelson T.C. et al. Anaerobic Threshold measuraments of elite oarsmen. Med. Sc.Sports Exerc. 14: 440-444, 1982.
38. Morehouse L. E. Laboratory manual for Physiolohey of exercise. C.V Mosby, Ontario1972.

39. Olympic Book of sport Med. ed. by Dirix, Knuttgen and Tittel. Blackwell Scientific Publications Vol 1 1988.

40. Pfitzinger, P. [Maximum volume and delivery: how important is VO2 max and how do you improve it?](#) Running Times May 2004: Issue 316. p. 10

41. Reindell H. et al. The equivalent of heart volume. Sport Med. Sport Tourism. Ed Bucharest 1982.

42. Renoux J.C. et al Calculation of times to exhaustion at 100 and 120 % maximal aerobic speed. Ergonomics 2000 Feb, 43(2) 160-6

43. Rev. Arch. Med. Dep. Fed. Española de Med Dep FEMEDE Vol 9 NO. 33 1992

44. Rev. Arch. Med Dep. Fed. Española de Med. Dep. FEMEDE vol 9 No. 34 1992

45. Richardson R.S. Harms C.A. Grassi B. Hepple R.T. Skeletal muscle: master or slave of the cardiovascular systems ? Med. Sci. Sport Exerc. 2000; 32 ; 89

46. Richardson R.S. What governs skeletal muscle VO2 max.? New evidence. Med Sci.Sport Exerc. 2000; 32 : 100.

47. Rivera M.A. Concepto Fitness, definiciones conceptuales y operacionales. Med. Sci.Sports Exerc. 14:143-147 1986.

48. Shepard R.J. Endurance Fitness. Toronto Univ. Press, Toronto; 1969

49. Vogiatzis, I.; Zakyntinos, S.; Georgiadou, O.; Golemati, S.; Pedotti, A.; Macklem, P. T.; Roussos, C.;

Aliverti, A. [Oxygen kinetics and debt during recovery from expiratory flow-limited exercise in healthy humans.](#) European Journal of Applied Physiology Feb2007, Vol. 99 Issue 3, p265

50. Warburton D.E. et al Blood volume, aerobic power, and endurance performance: potential ergogenic effect of volume loading. Clin J. Sports Med 2000 Jan 10 (1):59-

51. Wasserman K. Breathing during exercise. New Engl. J. Med. 1978 ; 298 : 780

52. Wasserman K. and Mc Ilroig M.B. Detecting the treshold anaerobic metabolism in cardiac patients. Am. J. Cardiol. 1964; 14 : 844

53. Ferguson, T. [Aerobic and anaerobic systems.](#) , In Ferguson, T. (ed.), GCSE physical education: a revision guide, Champaign, Ill., Human Kinetics, c2002, p.39-43;168-171;219