



ARTÍCULO ORIGINAL

Caracterización funcional de atletas del equipo nacional cubano de pentatlón moderno

Athletes's functional characterization of the National Cuban Team of Modern Pentathlon

**Dr. Wilfredo G. Acosta¹, Dra.C. María Elena González Revuelta²,
Dr. Sigilfredo Acosta¹, Dr. Abel Cueto¹**

¹ Departamento de Control Medico. Instituto de Medicina del Deporte, La Habana, Cuba

² Departamento de Pruebas de Esfuerzo. Instituto de Medicina del Deporte, La Habana, Cuba mariae.gonzalez@inder.gob.cu

RESUMEN

Se realizó una investigación descriptiva de corte transversal en la que participaron los 10 atletas, 6 masculinos y 4 femeninos, que conformaban el equipo nacional cubano de Pentatlón Moderno, con el objetivo de caracterizarlos funcionalmente durante la etapa de Preparación Física General del macrociclo preparatorio 2003-2004.

Dichos atletas fueron estudiados al inicio y al final de la etapa antes mencionada siendo sometidos a un test de terreno de 3000 metros para la estimación de la potencia aerobia. En relación con éste parámetro, se encontraron valores aceptables de Potencia aerobia máxima absoluta y relativa al peso corporal y la masa corporal activa, en ambos sexos al inicio y al final de la etapa, evidenciándose además la influencia que ejerce el peso corporal sobre los indicadores relativos de la potencia aerobia, debido a la forma indirecta en que estos indicadores son calculados. Finalmente se encontraron altos valores de correlación entre algunos parámetros morfológicos y funcionales lo que confirma la necesidad de realizar estudios morfofuncionales similares a éste, cuando se necesite caracterizar y evaluar integralmente a los deportistas de alto rendimiento.

Palabras clave: pentatlón, caracterización funcional, potencia aerobia, consumo de oxígeno.

ABSTRACT

A descriptive and transection research was realized with the 10 athletes (6 masculine and 4 feminine), belongings to the National Cuban Team of Modern Pentathlon, in order to characterize them functionally during the general physical preparation's stage of the preparatory macrocycle 2003-2004. These athletes were studied at the beginning and ending of the above-mentioned stage, where they were submitted to a 3000-meter's field test for the estimation of aerobic potency. Relating to this parameter, admissible values of aerobic maximal absolute potency

and relative to corporal weight and corporal active mass were found in both sexes, at the beginning and ending of the stage, being evident besides the influence that corporal weight exercises on the aerobic potency's relative indicators, due to the indirect way that these indicators are measured. Finally, significant values of correlation among some morphologic and functional parameters were found, which confirms the need to accomplish similar morphofunctional studies like this one, once be needed to characterize and evaluating wholly the high-performance sports players.

Keywords: pentathlon, functional characterization, aerobic potency, oxygen uptake.

INTRODUCCIÓN

El pentatleta, como se le llama al competidor, es definido como "Hombre de Acero" ya que tiene que someterse a intensos entrenamientos, en tanto deben existir acciones en las disciplinas de tiro, esgrima, natación, atletismo y equitación. Dada la complejidad de las múltiples disciplinas inmersas en la práctica de este deporte se hace imprescindible una correcta valoración funcional del sujeto que se dedica a la práctica del mismo.

Desde el punto de vista funcional se requiere en estos deportistas la necesidad de un desarrollo general y balanceado de aquellas cualidades y capacidades motrices que resultan preponderantes en las disciplinas implicadas en la ejecución del pentatleta, en las que sin lugar a dudas ocupan una posición clave, la fuerza y la resistencia a la fuerza, rapidez, flexibilidad y coordinación, y por supuesto la capacidad de resistencia de media duración, y especialmente de la Potencia aerobia máxima.

El desarrollo morfofuncional de estos deportistas así como los cambios que estas características pueden experimentar como consecuencia del proceso del entrenamiento constituye un pilar importante en el proceso de Control Médico del Entrenamiento.

MÉTODOS

Procedimiento Experimental

El presente trabajo fue realizado en el Centro de Entrenamiento de Alto Rendimiento "Cerro Pelado", de La Habana. El mismo consistió en un estudio descriptivo, de corte transversal, que incluyó el inicio y final de la etapa de preparación física general del macrociclo 2003-2004, con vistas a la II Olimpiada Nacional del Deporte Cubano, y la cual tuvo una duración de doce semanas.

Sujetos

Se estudiaron los diez pentatletas que conformaban el equipo nacional cubano, de Pentatlón Moderno, seis de ellos del sexo masculino y cuatro del sexo femenino, con una edad promedio de 21 años.

Tests Realizados

Mediciones Funcionales

Para la determinación de la Potencia Aerobia se realizó al inicio y final de la Preparación Física General un test de terreno médico - pedagógico del colectivo de autores Leger, Mercier y Gauvin (Tokmakidis, 1987) para la distancia de 3000 mts. con la utilización de la fórmula:

$MVO_2/\text{kg de masa corporal.} = 2.9226 + (0.8900 \times \text{velocidad de carrera en Km/h}) \times 3.5$ y donde el Consumo máximo de oxígeno, se expresó en ml/ Kg. de masa corporal / min. ($MVO_2 / \text{Kg MC.}$)

La velocidad de carrera fue determinada en función del tiempo empleado en la misma y el cual fue determinado mediante un cronómetro mecánico marca Cronus de 100 memorias.

A partir del valor de $VO_2M/\text{Kg.}$, se determinaron el MVO_2 absoluto (multiplicando el valor de $VO_2/\text{Kg.}$ por la masa corporal total en Kg.) y el $MVO_2 / \text{Masa Corporal Activa (MCA)}$, (dividiendo el valor absoluto del MVO_2 entre los Kg. de masa magra libre de grasa.

También se determinó la frecuencia cardiaca máxima alcanzada al final de la prueba ($Fc \text{ máx}$) mediante la utilización de un pulsómetro marca Polar FX 30 y el Pulso de oxígeno ($MVO_2/ Fc \text{ max}$) como indicador de eficiencia cardiovascular.

Todos los deportistas dieron su consentimiento informado de forma escrita para participar del estudio, quedando este documento registrado en la historia clínica medico deportiva.

Entrenamiento

Durante la etapa estudiada todos los deportistas estaban bajo un régimen de entrenamiento diseñado y controlado por el colectivo técnico de entrenadores de este deporte y dirigiendo sus objetivos de trabajo fundamentalmente al desarrollo de la capacidad y potencia aerobia. Además se utilizaron también en esta etapa, ejercicios complementarios de resistencia a la fuerza utilizando pesas con una frecuencia de 2 veces por semana.

Análisis Estadísticos

El procesamiento estadístico de los resultados se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS-PC versión 11.5 y una microcomputadora personal modelo Pentium IV.

Se determinaron las estadísticas descriptivas (medias, desviaciones estándar, valores máximos y mínimos) de las variables e indicadores funcionales según momentos del estudio y sexo.

Se realizó además una Prueba no paramétrica para muestras pareadas de los Rangos con signo de Wilcoxon con un nivel de significación de $p \leq 0,05$ para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las variables funcionales estudiadas al inicio y final de la etapa de Preparación General, en cada sexo.

RESULTADOS

En la tabla 1 aparecen reflejados los valores de la media y la desviación estándar encontradas al inicio y final de la Preparación Física General así como las diferencias encontradas para cada uno de estos indicadores y la significación estadística en los casos en que la diferencia resultó estadísticamente significativa entre los dos momentos del estudio y para el sexo masculino.

Tabla 1. Características funcionales del sexo masculino así como diferencias y significación estadística encontradas entre las variables en los dos momentos del estudio

	IPFG	FPFG	Diferencia (FPFG- IPFG) *Significativo $p \leq 0.05$
Tiempo Carrera min y seg	9,76 ±0.38	9,74±0.38	0,02
FCmax lat/min	201± 3.2	200± 1.9	1
MVO₂ ml/min	4453,7±323.5	4542,8±309.7	89,1 *
MVO₂/Kg MC (ml/Kg masa corporal /min)	66,6 ± 1.08	66,8 ± 1.78	0,2
MVO₂/MCA (ml/Kg MCA /min)	73,7± 2.2	74,2± 2.07	0,5 *
VO₂/Fcmx ml/ /lat	22,1±1.7	22,7±1.6	0.6

En la Tabla 1 se observa que el Máximo Consumo de Oxígeno tanto de forma absoluta como relativa, arrojó valores relativamente altos al inicio de la preparación general. Además en el caso del MVO₂ se constató un incremento que resultó ser estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) al final de la PFG, no así cuando el mismo indicador se expresó de forma relativa a la masa corporal total, volviendo de nuevo las diferencias a hacerse significativas al expresarlo de forma relativa al peso de la MCA. También Se observó una tendencia al incremento del Pulso de oxígeno aunque la diferencia entre los dos momentos no alcanzó significación estadística para un valor de $p \leq 0,05$

Puede observarse también en la tabla 1 una muy discreta tendencia a disminuir el tiempo de carrera al final de la preparación física general aunque sin cambios fisiológicos evidentes de la frecuencia cardiaca máxima alcanzada al final del test de 3000 m.

En la Fig. 1 se muestran de forma gráfica las relaciones entre el MVO₂ de forma absoluta y los valores relativos de este indicador en los dos momentos del estudio.

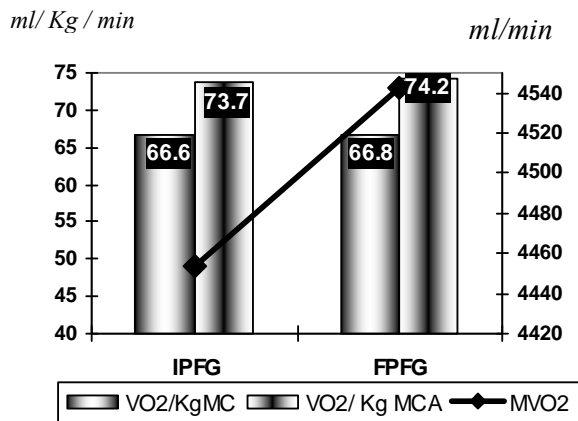


Figura 1. Comportamiento del MVO_2/Kg de masa corporal total (ml/Kg MC/min) y MVO_2/MCA (ml / Kg MCA / min) y sus relaciones con el MVO_2 absoluto (ml/min) al I y F de la PFG en el sexo Masculino

En la Figura 2 se expresan las relaciones entre el tiempo de carrera y el pulso de oxígeno, evidenciándose la discreta tendencia a disminuir el tiempo de carrera pero a aumentar el valor del Pulso de oxígeno al final de la preparación Física general.

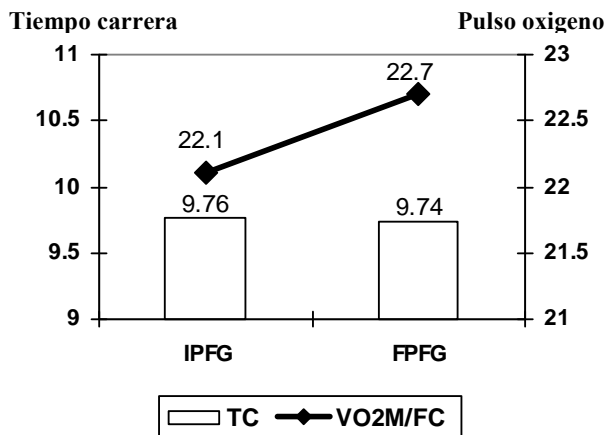


Figura 2. Relaciones entre el Tiempo de Carrera (min y s) y el Pulso de Oxígeno (ml/lat) al I y F de la PFG en el sexo Masculino

En la tabla 2 aparecen los resultados de los indicadores funcionales para el sexo femenino. Puede observarse que aunque todos los indicadores mostraron tendencia a mejorar sus valores al final de la preparación general sin embargo ninguno arrojó diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 2. Características funcionales del sexo femenino así como diferencias encontradas entre las variables en los dos momentos del estudio

	IPFG	FPFG	Diferencia (FPFG- IPFG) * Significativo p≤ 0,05
TIEMPO CARRERA min y seg	12.7± 1.28	1.25± 1.1	0,2
FCmax Lat/min	196± 3.7	197± 2.4	1
MVO₂ ml/min	3037.2 ± 254.0	3115.7 ± 241.3	78.5
MVO₂/Kg MC (ml/Kg masa corporal /min)	53.2± 4.2	54.7± 3.7	0.8
MVO₂/MCA (ml/Kg MCA /min)	68.6±7.57	69.8± 6.4	1.2
VO₂/Fcmx ml/ /lat	15.5±1.6	15.8±1.4	0.3

En la Figura 3 se muestran las relaciones entre el MVO₂ y los indicadores relativos a la masa corporal total y a la MCA en el sexo femenino. Se observa como en las mujeres las variaciones tanto del VO₂/Kg. MC así como VO₂/Kg. de MCA entre el inicio y final de la etapa fueron más evidentes que en el caso de los hombres a pesar de que las diferencias no llegaron a alcanzar significación estadística.

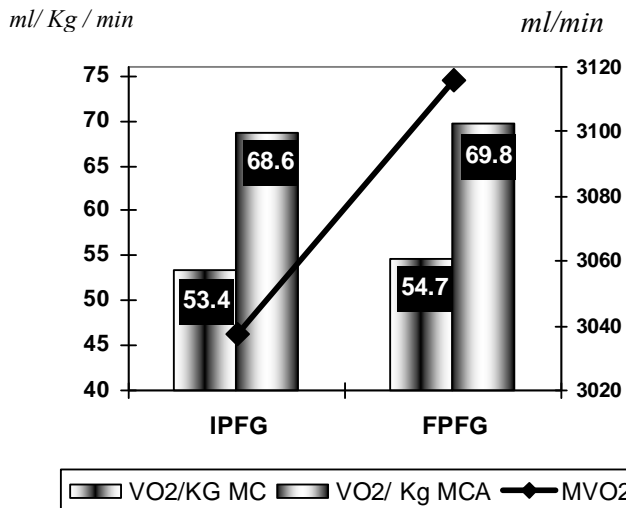


Figura 3. Comportamiento del MVO₂/Kg de masa corporal total (ml / Kg MC / min) y MVO₂/MCA (ml / Kg MCA / min) y sus relaciones con el MVO₂ absoluto (ml/min) al I y F de la PFG en el sexo femenino.

En la Figura 4 se observan las relaciones entre el tiempo de carrera y el pulso de oxígeno en el sexo femenino. Se constataron, como era de esperar tiempos de carrera más altos que el encontrado en los hombres con valores más bajos de pulso de oxígeno en ellas, aunque con tendencia a mejorar los valores de ambos indicadores hacia el final de la preparación física general.

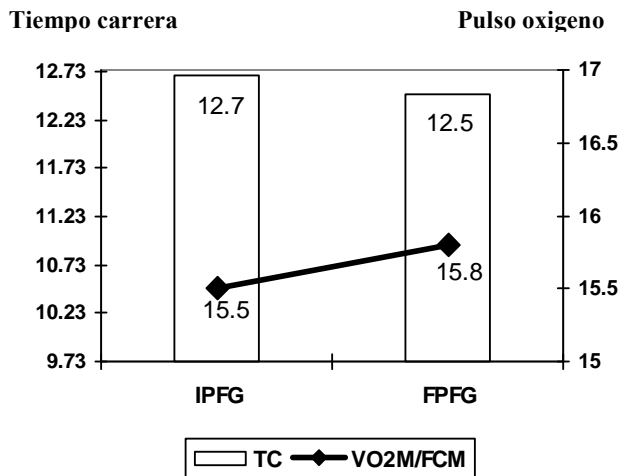


Figura 4. Relaciones entre el Tiempo de Carrera (min y seg) y el Pulso de Oxígeno (ml/lat) al I y F de la PFG en el sexo Femenino

DISCUSIÓN

Los valores relativamente altos del MVO_2 absoluto y relativo a la masa corporal, encontrados al inicio de la preparación física general son comparables a los valores reportados en deportistas de otras disciplinas de resistencia tales como atletismo fondo (70 ml/Kg./min.), natación (60 ml/Kg./min.), ciclismo (65 ml/Kg./min.) y remo (60 ml/Kg./min.) (Sandoval, P. 2002; Lavoie, J. y cols 1999; Jackson, R. y Secher, N. 1976; Kramer, J. y cols 1994). Además el incremento estadísticamente significativo constatado en el MVO_2 al comparar el inicio con el final de la preparación física general está determinado en gran medida por la forma indirecta en que se calculó el MVO_2 , ya que en la fórmula utilizada la masa corporal influye directamente en el resultado, y ésta se incrementó de forma significativa en 1.2 Kg, a expensas del aumento de la masa corporal activa, al final de la etapa estudiada.) (Acosta, W.y cols, 2007). Por esta razón cuando se eliminó la influencia que la masa corporal total podría estar ejerciendo en el valor de este indicador, las diferencias no se hacen evidentes al comparar el inicio y final de la etapa estudiada, sin embargo al expresarlo también de forma relativa pero en este caso en relación a la MCA, las diferencias cobran nuevamente significación estadística.

Estos resultados nos hablan a favor de la necesidad de evaluar el rendimiento funcional mediante la determinación directa del MVO_2 ó en su defecto preferir, para poder hacer un juicio adecuado sobre el estado funcional del sujeto, mas que del valor absoluto del indicador , de los indicadores relativos , ya sea en base a la masa corporal total, ó preferiblemente a la MCA, por ser esta la fracción que consume el oxígeno para la realización del ejercicio físico. (Rodríguez, G. y Aragonés, M.1992; Wilmore, J. y Costill, D.2000; Astrand y Rodahl, 1986; Babineau y cols, 1999)

Por otra parte la no existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el inicio y final de la preparación física general en la Potencia aerobia relativa al peso puede ser explicada debido a que son atletas con un alto rendimiento, y por tanto son menores las posibilidades de incrementar el valor de su potencia aerobia, como consecuencia del entrenamiento y sobre todo si tenemos en cuenta que algunos de estos atletas presentaron edades superiores a los 20 años. Debemos recordar que entre los 20 y 25 años de edad se alcanzan los valores máximos para este indicador, y a partir de ahí comienzan a declinar estos valores, como una consecuencia fisiológica del avance de la edad. (Thoden, J. 1989; Terrero, C. y Fernández, V.1998)

En cuanto a las relaciones entre el pulso de oxígeno (indicador que ha sido tradicionalmente utilizado como indicador de eficiencia cardiovascular) (López CH. y Fernández, V. 1998) y el tiempo de carrera logrado en el test de terreno realizado, se podría deducir a partir del gráfico que a pesar que el indicador VO_2/Fc max no dio diferencias estadísticamente significativas al comparar los dos momentos de la etapa, (Tabla 1), sin embargo la tendencia a la mejoría del valor obtenido al final de la misma, pudo haberse correspondido con una mejoría mas notable del tiempo de carrera, lo que, al no haber sido así, podría hacernos pensar que los sujetos no se esforzaron suficientemente para poder lograr un mejor tiempo.

Sin embargo, si tenemos en cuenta que este indicador también se calculó de forma indirecta a partir del valor de MVO_2 , que como ya hemos dicho resulta muy influenciado por el valor de la masa corporal total, nos damos cuenta que en realidad, más que una mejoría real de la aptitud física (ya que la frecuencia cardiaca final alcanzada no sufrió cambios en la etapa), la tendencia al incremento de este indicador fue una consecuencia directa del incremento que se produjo en la masa corporal al final de la etapa. Resultados similares han sido encontrados recientemente en otras investigaciones realizadas en el Instituto de Medicina del Deporte en relación al valor relativo de este indicador cuando el consumo de oxígeno se determina de forma indirecta. (González, ME y cols 2007)

En el caso del sexo femenino el hecho de no haberse encontrado diferencias estadísticamente significativas al comparar los resultados de los indicadores funcionales en los dos momentos del estudio, pudo estar determinado por el pequeño número de casos estudiados. Además no podemos dejar de considerar el planteamiento realizado por la Dra. Almenares, quien ha dicho que *," cuando se trata de atletas de alta calificación, los que se encuentran muy cerca de las posibilidades que su dotación genética permite, se ha observado de forma reiterada en investigaciones realizadas con atletas de elite, que no siempre un fenómeno manifiesto desde el punto de vista biológico alcanza proporciones que pueden ser consideradas como tal con la aplicación de los test estadísticos utilizados, por lo que el análisis exploratorio de los datos de acuerdo al criterio de los expertos alcanza en estas condiciones una importancia crucial."*(Almenares PE, 2000)

Quiere esto decir que no podemos subvalorar los resultados que se han observado en ellas y en las que se apreció una tendencia a mejorar el valor de la potencia aerobia relativa a la masa corporal incluso de forma discretamente mayor que la observada en los hombres.

Por otro lado los valores encontrados para los indicadores tanto absoluto como relativos fueron a nuestro juicio aceptables y comparables a los obtenidos en otras deportistas de disciplinas afines (Sandoval, P. 2002; Yiou, E.y Do, M.C., 2000)

En cuanto a las relaciones entre el tiempo de carrera y el pulso de oxígeno en el sexo femenino consideramos que de igual forma a lo comentado en el caso de los hombres, este resultado debe ser interpretado con cautela y de forma integral con

otros indicadores morfológicos y funcionales , ya que en realidad en este caso tampoco el valor mas bajo obtenido para el pulso de oxígeno, lo consideramos dependiente de un mal nivel de aptitud cardiovascular alcanzado por las muchachas sino a un valor mas bajo de VO_2M , (y este a su vez dependiente de un menor peso corporal) , que al relacionarse a una frecuencia cardiaca elevada como consecuencia de la intensidad del trabajo realizado, aunque sin modificación ostensible entre los dos momentos estudiados arrojó valores relativamente mas bajos que el encontrado en el sexo masculino.

Todo lo anterior nos obliga a plantear que cuando se desee hacer una valoración adecuada , lo mas cercana posible a la realidad funcional del deportista, y que implique incluso pronósticos para el rendimiento , deberá realizarse una valoración integral donde se tengan en cuenta las características morfológicas y funcionales y estas últimas ya sean determinadas en el laboratorio ò en el terreno deberán ser analizadas en el contexto general de los resultados que se obtengan y nunca ser valoradas de forma aislada, incluyendo, siempre que sea posible los resultados deportivos de los sujetos.

Agradecimientos

A los deportistas por su cooperación durante las pruebas, así como a los compañeros del laboratorio de Cineantropometría, que realizaron las mediciones antropométricas.

A los Drs. María Elena González, Siggilfredo Acosta y Abel Cueto por las observaciones realizadas durante la realización de este trabajo, así como por la contribución en la redacción y revisión de este artículo.

REFERENCIAS

1. Acosta WG., González ME., Cueto A., Acosta S. (2007). "Caracterización Antropométrica de Atletas del Equipo Nacional Cubano de Pentatlón Moderno". **PubliCE Standard**. 03/12/2007. Pid: 906
2. Almenares PE. (2000). "Evaluación Médico Pedagógica en deportes de Combate". Tesis de Master en Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Ciudad de la Habana. **Instituto de Medicina del Deporte**.
3. Astrand PO, Rodahl K. "Textbook of Work Physiology" (1986) (3rd Ed.).**Ed. McGraw-Hill**
4. Babineau C, Léger L, Long A, and Bosquet L. (1999). "Variability of maximum oxygen consumption measurement in various metabolic systems". **Journal of Strength and Conditioning Research** 13(4): 318-324
5. González ME, Almenares PE, Nicot G, Amaro ChJR, González M. (2007) "Índice de Eficiencia Aerobia como Indicador de la Eficiencia Cardiovascular en Deportistas de Combate". **PubliCE Standard**. 07/09/2007. Pid: 866.
6. Jackson RC, Secher NH. (1976). "The aerobic demands of rowing in two Olympic rowers". **Med Sci Sports Exerc** 8:168-170
7. Kramer JF, Leger A, Paterson DH, Morrow A.(1994). "Rowing performance and selected descriptive field and laboratory variables". **Can J Appl Physiol** 19:174-184

8. Lavoie JM, Leger LA, Montpetit RR, Cabot S. (1999) "Backward extrapolation of VO₂ from the O₂ recovery curve after a voluntary maximal 400-m swim." In: Hollander P, Huijing PA, de Groot G (eds) Biomechanics and medicine in swimming. **Human Kinetics, Champaign, Ill**; 222-227
9. López CH J, Fernández VA. (1998). "Otros parámetros ergométricos". En López CH J, Fernández VA (eds). Fisiología del ejercicio 2da.Ed. **Ed. Médica Panamericana**; 271-276
10. Rodríguez GFA, Aragonés MT.(1992) "Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico". En: González GJ, (eds) Fisiología de la Actividad Física y Deporte.1ra.Ed.**Interamericana Mc Graw Hill**; 237-274.
11. Sandoval PA. (2002). "Medicina del deporte y ciencias aplicadas al alto rendimiento y la salud." Caxias do Sul: **EDUCS** 199-215.
12. Terrero CJ, Fernández VA.(1998). "Consumo de oxígeno, bases fisiológicas y aplicaciones." En López Ch J, Fernández VA (eds). Fisiología del ejercicio.2da.Ed. **Ed. Médica Panamericana**;247-256
13. Thoden JS. (1989). "Evaluación de la potencia aeróbica". En MacDougall DJ, Howard AW, Howard JG (eds). Evaluación fisiológica del deportista. **Paidotribo**; 139-214
14. Tokmakidis.(1987). "New approaches to predict VO₂ max and endurance from running performance". **J Sport medicine and Phy Fitness**, 27: 401-409
15. Wilmore JH, Costill. DL. (2000). " Fisiología del esfuerzo y del deporte". (3rd Ed.).Ed. **Paidotribo** 104-109.
16. Yiou E, Do MC. (2000). "Laboratoires du Physiologie du Mouvement, INSERM U 483, Université Paris Sud, Orsay, France. In Fencing intensive Practice Equally Improve the Speed Performance of the Touches when it is Performed Alone and in Combination with the lunge? **J. Sports Med** 21:122-126