

Garatachea Vallejo, N. y De Paz Fernández, J.A.. (2003). Exactitud del método de monitorización de la frecuencia cardíaca en la estimación del coste energético. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 3 (9) pp. 15-29 <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista9/monitorizacion.htm>

## EXACTITUD DEL MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN LA ESTIMACIÓN DEL COSTE ENERGÉTICO

### ACCURACY OF MONITORING HEART RATE METHOD FOR QUANTIFYING ENERGY EXPENDITURE

Garatachea Vallejo, N. <sup>1</sup> y De Paz Fernández, J.A. <sup>2</sup>

1 Email: nugarata@posta.unizar.es  
Departamento de Fisiatría y enfermería  
Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte  
C/ Valentín Carderera, Nº 4  
22071 Huesca

---

2 Email: dfiapf@unileon.es  
Departamento de Fisiología  
Instituto Nacional de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte  
Campus de Vegazana.  
24.071 León

#### RESUMEN

El método de monitorización de la frecuencia cardíaca (MFC) es utilizado para la estimación de la energía gastada. Sin embargo, una de las principales críticas a dicho método es su exactitud. Por ello que nuestro estudio se centró en cuantificar la exactitud del referido método cuando se aplica a diferentes intensidades de esfuerzo.

Participaron 9 sujetos que realizaron primero una ergoespirometría para la determinación de la recta  $\dot{V}O_2$ -FC y otra posterior para comparar la estimación con los resultados del  $\dot{V}O_2$  medido.

No existen diferencias entre el  $\dot{V}O_2$  estimado y medido. El porcentaje de error medio fue de 1.47%, ocurriendo el mayor porcentaje de error a la intensidad

más baja. Diferenciando por sexos, ocurre que para las mujeres el  $\dot{V}O_2$  se sobrestima y en los hombres se subestima.

Este método es de una elevada relación beneficio/coste por lo que puede ser de gran utilidad en estudios de poblaciones.

**PALABRAS CLAVE:** frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, energía gastada.

## **ABSTRACT**

Monitoring heart rate method is used for quantifying energy expenditure. However, one of major criticals to this method is its accuracy. For it, our study is focused in quantifying accuracy when is used in different effort intensity.

9 subjects performed a exercise test for calculating  $\dot{V}O_2$ -FC linear relationship first, and later other exercise test for comparing  $\dot{V}O_2$  measured with  $\dot{V}O_2$  estimated.

There are no differences between  $\dot{V}O_2$  measured and estimated. Error porcentaje was 1.47%, and the highest error porcentaje was in the lowest intensity. When we differ by sex,  $\dot{V}O_2$  is overestimated for women and underestimated for men.

This method has a hight ratio benefit / cost, for this reason it has great utility for studying populations.

**KEY WORDS:** heart rate, oxygen consumption, energy expenditure.

## **1. ANTECEDENTES**

Distintas investigaciones utilizan el método de monitorización de la frecuencia cardíaca (MFC) para la determinación de la energía gastada y varias de ellas han demostrado su potencial para estimar el coste energético (Moon, J.; Butte, N., 1996).

Una de las principales críticas a este método es su exactitud, en tanto en cuanto nos proporciona información lo más ajustada posible a la realidad (Ceasay, S. y cols., 1989; Eston, R. y cols., 1998; Racette, S., 1995; Moon, J.K. y Butte, N.F., 1996; Kalkwarf, H.J. y cols., 1989). Es por ello por lo que muchos autores centran sus investigaciones en el estudio de su exactitud y en consecuencia cómo mejorarlo.

Son varios los que proponen mejorar la predicción de la energía gastada (y por lo tanto de consumo de oxígeno ( $\dot{V}O_2$ )) utilizando, a la vez que un pulsómetro para el registro de la frecuencia cardíaca, acelerómetros y podómetros para el registro del movimiento corporal (Moon, J.y Butte, N., 1996; Eston, R. Y cols., 1998; Luke, A. y cols., 1997; Haskell, W. Y cols., 1993). Otros autores, por su parte, se centran en la mejora de la ecuación de predicción (Moon, J.y Butte, N., 1996; Kalkwarf, H.J. y cols., 1989; Li, R. y cols., 1993;).

Su principal limitación ocurre cuando la linealidad existente entre la FC y el  $\dot{V}O_2$  se pierde a bajos niveles de gasto de energía. Es entonces cuando ocurre el mayor porcentaje de error en la estimación de la energía (Moon, J.K. y Butte, N., 1996; Livingtone, M. B, 1990; Christensen, C.C. y cols., 1983;)

También se produce un error a niveles elevados de gasto de energía ya que toda la producción de energía no depende únicamente de la vía aeróbica sino que también participa la vía anaeróbica (Scott, C.B., 1997)

Otra crítica importante son los numerosos factores que influyen en la frecuencia cardíaca, como pueden ser: factores emocionales, estrés, excitantes, fármacos, tipo de ejercicio...(Luke, A. Y cols., 1997; Van Den Berg-Emons, R.J.G. y cols., 1996)

Uno de los estudiosos del tema que nos ocupa, Ceasay, S.M. (1989), encuentra que este mismo método subestimó el  $\dot{V}O_2$  (equivalente de energía gastada) en solo un 1,2 % (con un rango entre -11.4 y +10.6%) lo que nos da idea de su exactitud.

Es importante destacar que la mayoría de las investigaciones relacionadas con nuestro objeto de estudio no se centran en el ámbito de la actividad física y el

deporte, sino que su principal ámbito de estudio es más bien clínico o médico (Racette, S., 1995; Christensen, C., 1983; Van Berg-Emons, R.J.G., 1996).

## **2. OBJETIVOS**

A la vista de los estudios comentados nos hemos planteado analizar la exactitud del MFC para la estimación de la energía gastada ( $\dot{V}O_2$ ) a diferentes intensidades de actividad física, para así poder tomar decisiones posteriores que hagan mejorar la estimación.

## **3. MATERIAL Y MÉTODO**

Para la realización de este estudio participaron 9 voluntarios ( $169,78 \pm 7,46$  m y  $66,51 \pm 8,82$  Kg), 5 hombres y 4 mujeres, con edades comprendidas entre los 20 y 27 años.

Para determinar la relación individual entre  $\dot{V}O_2$  y FC se realizó una primera prueba de esfuerzo triangular discontinua máxima en cicloergómetro Ergoline 900. Registrando en todo momento la FC, mediante pulsómetro Polar Vantage NV, y los parámetros ventilatorios por medio de un analizador de gases Medical Graphics CPX plus.

Primero se procedía a pesar y medir al sujeto, utilizando una balanza Tefal 200 y una cinta métrica Holtain, siempre descalzo y con pantalón corto y camiseta deportiva. Después se realizaba un calentamiento de 5 minutos sobre cicloergómetro a una potencia de 75 vatios para los hombres y 50 vatios para las mujeres, precedido de estiramientos de la musculatura del tren inferior en un tiempo determinado por el propio sujeto.

A continuación daba comienzo la prueba en sí tras la colocación del aparataje (pulsómetro y boquilla). Primeramente se registraba un minuto en reposo y seguido empezaba el sujeto a pedalear a una potencia 25 de vatios, incrementando dicha potencia en 25 vatios cada minuto hasta la extenuación del sujeto.

Al tercer día después de la primera prueba se realizó una segunda. Antes de dar comienzo la prueba se realizaba el mismo protocolo que en la prueba anterior. Cada escalón tenía una duración de 3 minutos. Las intensidades de cada uno eran del 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% del  $\dot{V}O_2$  max. El sujeto debía de completar el máximo número posible de escalones.

El tratamiento gráfico se llevó a cabo en el programa informático Origin V.6.0 y el estadístico en el Programa Spss V.10.

Se presentan los resultados como media Media  $\pm$  desviación estándar (D.E.)

Primero se realizó la prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

Para calcular las diferencias de medias se utilizó el test de la “U de Mann-Whitney”, necesitando una  $p < 0,05$  para asumir diferencias significativas.

#### **4. RESULTADOS**

Las características de los sujetos se muestran en la tabla 1. Entre paréntesis se especifica el sexo (1: mujer; 2: hombre).

DESCRIPCIÓN DE LOS SUJETOS						
SUJETOS	EDAD (años)	TALLA* (Cm)	PESO* (Kg)	I.M.C	$\dot{V}O_2$ max* (ml O <sub>2</sub> /min)	FC max (puls/min)
V.S.(1)	20	164	57,8	21,49	3654	183
I.E.(1)	23	160	62,2	24,30	2812	192
C.P.(1)	22	164	56,7	21,08	2537	204
M.M.(1)	22	165	56,6	20,79	2782	197
<b>Media ±D.E.</b>	<b>21,75 ±1,25</b>	<b>162,67 ±2,21</b>	<b>58,94 ±2,63</b>	<b>22,29 ±1,61</b>	<b>2946.24 ±487.6</b>	<b>194 ±8.83</b>
J.M(2)	24	180	75,5	23,30	4516	200
S.S.(2)	22	171	68,0	23,26	3882	198
L.A.(2)	24	172	80,4	27,18	4589	197
E.A.(2)	27	170	67,4	23,32	4081	189
A.A.(2)	27	182	74,0	22,34	4770	193
<b>Media ±D.E.</b>	<b>24,31 ±2,16</b>	<b>173,33 ±5,56</b>	<b>72,87 ±5.43</b>	<b>24,31 ±1.89</b>	<b>4367.65 ±371.1</b>	<b>195.44 ±4.39</b>

Tabla 1: Edad, talla, peso, índice de masa corporal (I.M.C.),  $\dot{V}O_2$  max y FC max de cada uno de los sujetos y su correspondiente media para cada sexo expresada como: media ± D.E.

\* Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre hombres y mujeres.

Existen diferencias significativas entre sexos en la talla, peso y  $\dot{V}O_2$  max ( $p < 0,05$ ). En la edad y en el I.M.C. no hubo diferencias significativas.

En la tabla 2 aparecen las rectas de regresión lineal FC- $\dot{V}O_2$ , para cada uno de los sujetos, junto con el coeficiente de correlación lineal  $R^2$  y el valor de la pendiente de la recta (coeficiente de la x). Estas rectas fueron calculadas apareando los datos del  $\dot{V}O_2$  y la FC desde el segundo hasta el último minuto de esfuerzo y según el modelo de ecuación:

$$\dot{V}O_2 \text{ estimado} = aX + b$$

a = pendiente de la regresión lineal.

b = constante de la regresión lineal.

X = FC de la actividad sobre la que se estima el  $\dot{V}O_2$ .

SUJETOS	RECTAS DE REGRESIÓN	R <sup>2</sup>	PENDIENTE*
V.S.(1)	Y = 35.68X-3010.61	0.97	35.68
I.E.(1)	Y = 26.19X-2379.94	0.96	26.20
C.P.(1)	Y = 17.46X-1218.62	0.95	17.46
M.M.(1)	Y = 21.61X-1218.67	0.94	21.61
		0.96±0.014	25.23±7.82
J.M(2)	Y = 34.28X-2561.93	0.97	34.28
S.S.(2)	Y = 49.44x-5747.44	0.98	49.44
L.A.(2)	Y = 55.70X-6179.85	0.90	55.70
E.A.(2)	Y = 39.22X-3395.39	0.94	39.22
A.A.(2)	Y = 37.96X-2864.46	0.96	37.96
		0.95±0.031	43.31±8.91

Tabla 2: Rectas de regresión lineal  $\dot{V}O_2$ -FC, coeficiente de correlación ( $R^2$ ), y pendiente de la recta para cada sujeto y su correspondiente media para cada sexo expresada como media  $\pm$  D.E.

$$Y = \dot{V}O_2 \text{ estimado (ml } O_2 \text{ /min)} \quad X = FC \text{ (Puls /min)}$$

\* Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre hombres y mujeres.

En la figura 1 se representa una de dichas rectas a modo de ejemplo.

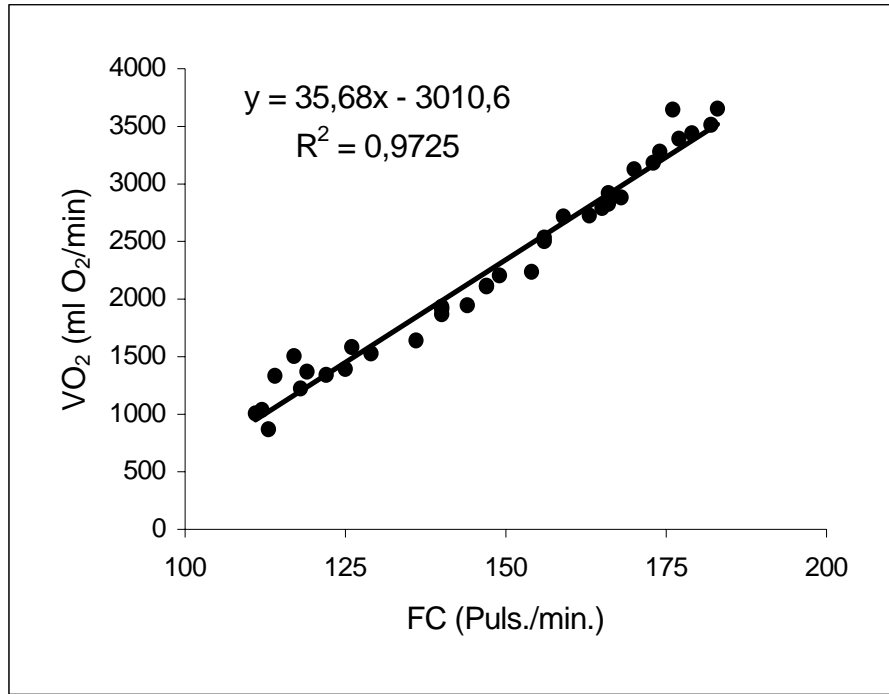


Figura 1: Recta de regresión individual  $\dot{V}O_2$  -FC de uno de los sujetos.

Figura 2: Rectas de regresión individuales  $\dot{V}O_2$  -FC de los 9 sujetos.

Existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en las pendientes de las rectas entre hombres y mujeres

La figura 2 muestra todas las rectas de regresión individual  $\dot{V}O_2$  -FC de los 9 sujetos.

La tabla 3 muestra los valores de  $\dot{V}O_2$  medidos en la segunda prueba en cada uno de los estadios que completó el sujeto. El valor de cada estadio corresponde a la media de los últimos dos minutos de cada escalón, considerando así que este valor se estabiliza después del primer minuto de adaptación a la carga.

$\dot{V}O_2$ observado en la segunda prueba (ml O <sub>2</sub> /min)						
SUJETOS	40%*	50%*	60%*	70%*	80%*	90%
V.S.(1)	1441	1746	1956	2404	2702	-



I.E.(1)	1172	1481	1716	2017	2451	2635
C.P(1)	1107	1379	1701	2033	2336	2657
M.M.(1)	1279	1535	1835	2135	2442	2670
<b>Media ±D.E.</b>	<b>1250,3 ±145.89</b>	<b>1535,8 ±154.67</b>	<b>1802,7 ±118.88</b>	<b>2147,9 ±178.96</b>	<b>2483,0 ±155.21</b>	<b>2653,9 ±17.24</b>
J.M(2)	1972	2304	2842	3321	3872	4221
S.S.(2)	1691	2454	3218	3785	3852	-
L.A.(2)	1694	2305	2563	3198	3775	-
E.A.(2)	1562	2231	2648	2866	3365	3435
A.A.(2)	1838	2450	2926	3362	3742	-
<b>Media ±D.E.</b>	<b>1751,7 ±157.30</b>	<b>2349,2 ±98.88</b>	<b>2839,9 ±256.84</b>	<b>3307,1 ±330.93</b>	<b>3721,7 ±206.18</b>	<b>3827,7 ±555.78</b>

Tabla 3:  $\dot{V}O_2$  (ml  $O_2$ /min) en cada uno de los diferentes estadios de la segunda prueba para cada uno de los sujetos y su correspondiente media para cada sexo expresada como: media  $\pm$  D.E.

\* Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre hombres y mujeres

Existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre hombres y mujeres en el 40%, 50%, 60%, 70% y 80% del  $\dot{V}O_2$  max.

En la tabla 4 se presentan los valores de  $\dot{V}O_2$  (ml  $O_2$ /min) estimados según las rectas de regresión (Tabla 2) y a partir de la FC registrada en la segunda prueba.

<b><math>\dot{V}O_2</math> estimado para la segunda prueba (ml <math>O_2</math>/min)</b>						
<b>SUJETOS</b>	<b>40 %</b>	<b>50 %</b>	<b>60 %</b>	<b>70 %</b>	<b>80 %</b>	<b>90 %</b>
V.S.(1)	1947	2485	2915	3310	3661	
I.E.(1)	753	1128	1608	2058	2447	2558
C.P(1)	1143	1434	1714	1997	2181	2299
M.M.(1)	1680	2169	2492	2817	3043	3209

<b>Media ±D.E.</b>	<b>1380,9 ±535.8</b>	<b>1804,7 ±630.1</b>	<b>2182,6 ±627.5</b>	<b>2545,9 ±631.7</b>	<b>2833,3 ±659.4</b>	<b>2689,3 ±468.8</b>
J.M.(2)	1549	1866,97	2491	2876	3210	3546
S.S.(2)	1246,	2004	2939	3438	3728	
L.A.(2)	978	1713	2370	3287	4053	
E.A.(2)	1227	1948	2566	2989	3528	4023
A.A.(2)	1630	2427	3153	3659	4050	
<b>Media ±D.E.</b>	<b>1326,5 ±264.4</b>	<b>1992,2 ±266.7</b>	<b>2704,2 ±328.9</b>	<b>3250,2 ±320.8</b>	<b>3714,5 ±359.2</b>	<b>3785,2 ±337.5</b>

Tabla 4:  $\dot{V}O_2$  estimado ( $ml\ O_2/min$ ) y calculado en función de FC registrada y según la recta de regresión lineal para cada uno de los sujetos y su correspondiente media para cada sexo expresada como: media  $\pm$  D.E.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres en ninguno de las intensidades de trabajo para el  $\dot{V}O_2$  estimado.

Entre el  $\dot{V}O_2$  observado y el  $\dot{V}O_2$  estimado, según las rectas de regresión individual, no existen diferencias estadísticamente significativas en cada uno de los sexos

Las figuras 3 y 4 nos aportan información gráfica de las diferencias entre el  $\dot{V}O_2$  observado y el estimado en cada uno de los escalones de la segunda prueba, para cada uno de los sexos.

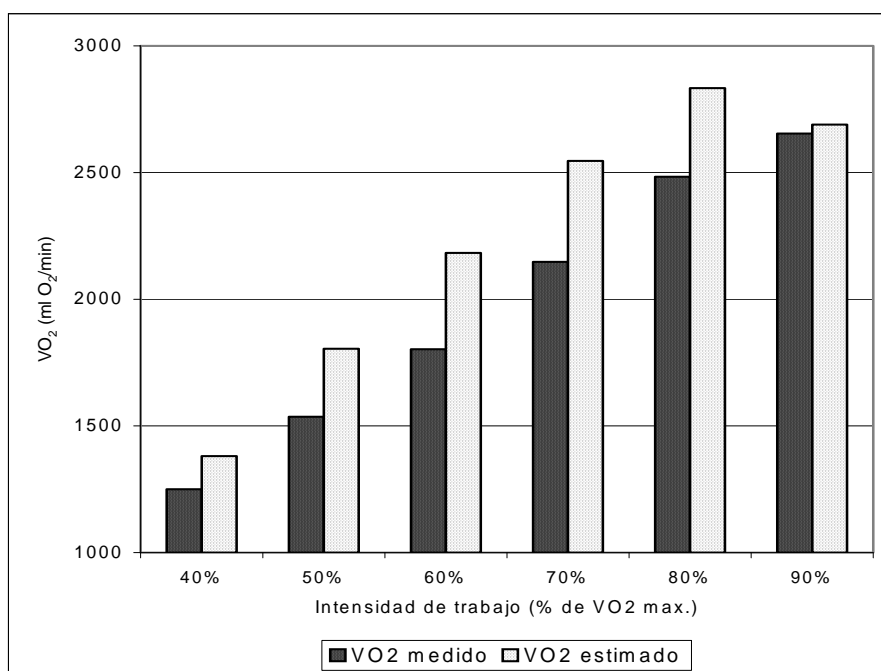
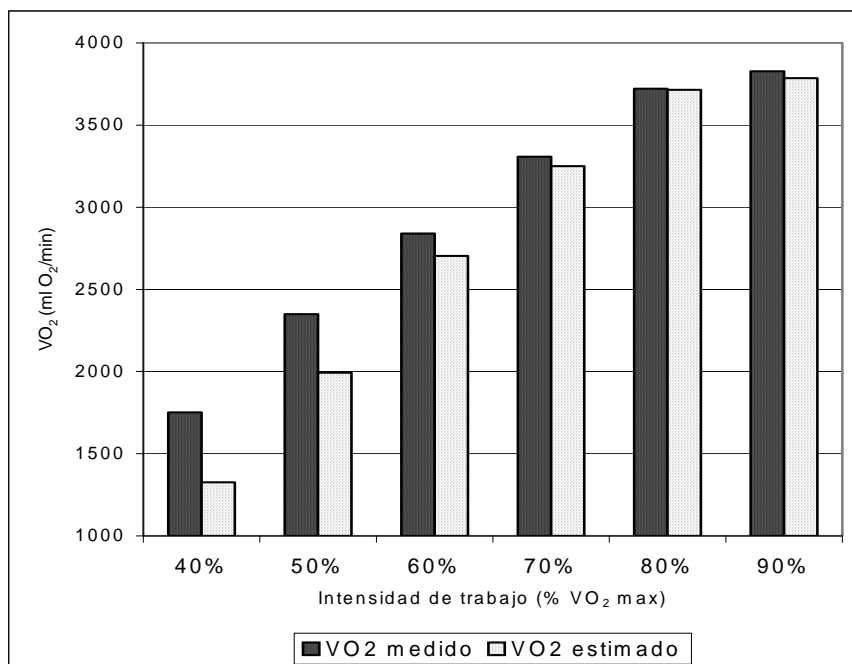


Figura 3:  $\dot{V}O_2$  medido y estimado en mujeres a diferentes intensidades de trabajo.

Figura 4:  $\dot{V}O_2$  medido y estimado en hombres a diferentes intensidades de trabajo.

A partir de los datos anteriores se ha calculado el porcentaje de error de la estimación en cada uno de los porcentajes de trabajo. Estos quedan expresados en la tabla 5 y 6.

<b>Intensidad de esfuerzo</b>	<b>% de error</b>
40%	-9,88%
50%	-1,42%
60%	6,14%
70%	7,01%
80%	5,94%
90%	1,01%
<b>Media</b>	<b>1,47%</b>

Tabla 5: % de error en la estimación del  $\dot{V}O_2$  en cada intensidad de esfuerzo.

<b>% error en la estimación de <math>\dot{V}O_2</math></b>							
	<b>40%</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>	<b>MEDIA</b>
<b>MUJERES</b>	8,50	15,99	19,85	17,49	13,34	1,29	<b>12,74</b>
<b>HOMBRES</b>	-24,53	-15,31	-4,76	-1,32	0,04	0,59	<b>-7,55</b>

Tabla 6: igual a la tabla 5 pero diferenciando por sexo

## 5. DISCUSIÓN

El método de la estimación del  $\dot{V}O_2$  a partir de la monitorización de la FC nos permite evaluar el  $\dot{V}O_2$  de muchas actividades físicas y deportivas (Fox, E.L.; Bowers, R.W.; Foss, M.L., 1989) en situaciones de campo que de otra manera serían difícilmente mensurables sino se llevasen al laboratorio. Además son muchas las actividades físicas en las que una evaluación directa del  $\dot{V}O_2$  es inviable actualmente.

Al ser un método de estimación es importante determinar la exactitud de éste, pues es imprescindible que los datos que se obtienen de este método sean lo más ajustado posible a la realidad.

La pendiente de la recta de regresión  $\dot{V}O_2$ -FC en los hombres es significativamente mayor que la de las mujeres ( $p < 0,05$ ) ya que a igual incremento de FC le corresponde un mayor incremento de  $\dot{V}O_2$  para los hombres. Puesto que los hombres consiguieron alcanzar valores más altos de  $\dot{V}O_2$ , con diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), que las mujeres, mientras que los valores de FC max no presentan diferencias estadísticas significativas

Respecto a nuestro estudio podemos decir que la recta de regresión se adapta casi perfectamente a todos los puntos pues los coeficientes de regresión ( $R^2$ ) oscilan entre 0.90 y 0.98. Sin embargo no hay que descartar la posibilidad de buscar otras rectas que se ajusten mejor a los parámetros registrados. Además de mejorarla con la posible utilización de acelerómetros y podómetros.

En cuanto a la exactitud de este método, podemos decir que teniendo en consideración los totales de los porcentajes de error en cada uno de las intensidades de trabajo (Tabla 5) su exactitud es bastante elevada pues el error máximo es de  $-9.88\%$  cuando el esfuerzo requiere el 40% del  $\dot{V}O_2$ . Como ya se ha notado anteriormente este mayor porcentaje de error corresponde con el más bajo nivel de actividad. Varios autores confirman estos mismos resultados (Moon, J.K. y Butte, N., 1996; Christensen, C.C. y cols., 1983). La razón de esta disminución en la exactitud del método para intensidades bajas de trabajo es debido a la influencia de varios factores: emocionales, estrés... Una de las soluciones, tal como propone Kalkwarf, H.J. (1989), para mejorar esta predicción es considerar dos rectas de regresión, una recta para las frecuencias cardíacas bajas y otra recta para las frecuencias cardíacas altas.

Nuestro estudio sobrestimó en total el  $\dot{V}O_2$  en un 1.47% (con un rango entre  $-9.88\%$  y  $7.01\%$ ).

A la vista de estos datos podemos decir que la predicción resulta bastante fiable. Sin embargo al tratar por separado hombres y mujeres este porcentaje de error cambia notablemente (Tabla 6); de tal manera que este método, en nuestro estudio, sobrestimó el  $\dot{V}O_2$  en las mujeres con un porcentaje medio de error de  $+12.74\%$ . Mientras que en los hombres se subestima dicho valor con un porcentaje medio de error de  $-7.55\%$ .

La justificación podríamos encontrarla al analizar los datos de FC en cada estadio. Esta es siempre mayor para las mujeres aunque las diferencias no sean estadísticamente significativas. Las razones pueden ser achacadas a que las mujeres generalmente poseen un menor volumen sistólico que los hombres por lo que sus aumentos en el  $\dot{V}O_2$  se hacen más a expensas de un aumento de la FC que por un aumento de dicho volumen sistólico. Además también pudiera ocurrir que las mujeres presentasen un mayor nerviosismo o estrés ante la prueba de esfuerzo. Así este método de frecuencia cardíaca, obviamente, no diferencia entre situaciones de estrés físico y estrés mental, por lo que un aumento de la frecuencia cardíaca siempre se interpreta como un aumento de la actividad física o gasto energético, aún cuando este aumento venga provocado por situaciones de nerviosismo, consumo de excitantes...

Por último anotar que la estimación de la energía gastada será tan exacta como lo sea la estimación del consumo de oxígeno puesto que en el total de la energía gastada a lo largo de un día proviene principalmente de la vía aeróbica.

## **6. CONCLUSIONES**

1. Es necesario que este método se base en una recta de regresión individual, pues esta es diferente para cada individuo, pero existe una mayor semejanza entre individuos de mismo sexo, teniendo una mayor pendiente los hombres que las mujeres.
2. Otra vez más se confirma que este método conlleva un porcentaje de error mayor cuando se aplica a actividades físicas de baja intensidad.
3. El método de estimación de la energía gastada a partir de la FC resulta un método fiable (El porcentaje de error medio vario entre +12,74% para los hombres y -7,55% para las mujeres) y económico en tiempo y dinero. La relación coste-beneficio es muy elevada por lo que pudiera resultar uno de los métodos más adecuados para evaluar a grandes poblaciones.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

1. MOON, J. K.; BUTTE, N. "Combined heart rate and activity improve estimates of oxygen consumption and carbon dioxide production rates" J. Appl. Physiol., 1996; 81(4): 1754-1761.
2. CEESAY, S.; PRENTICE, A.; DAY, K.; MURGATROYD, P.; GOLDBERG, G.; SCOTT, W. "The use of heart rate monitoring in the estimation of energy expenditure: a validation study using indirect whole-body calorimetry" Br. J. Nutr., 1989; 61: 175-186.

3. ESTON, R.; ROWLANDS, A.; INGLEDEW, D. "Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities" *J. Appl. Physiol.*, 1998; 84(1): 362-371.
4. RACETTE, S. B.; SCHOELLER, D. A.; KUSHNER, R. F. "Comparison of heart rate and physical activity recall with doubly labeled water in obese women". *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1995; 27(1): 126-133.
5. KALKWARF, H. J. y cols. "Accuracy of heart-rate monitoring and activity diaries for estimating energy expenditure" *Am. J. Clin. Nutr.*, 1989; 49: 37-43.
6. LUKE, A.; MAKI, K., BARKEY, N.; COOPER, R.; MCGEE, D. "Simultaneous monitoring of heart rate and motion to assess energy expenditure" *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1997; 29(1): 144-148.
7. HASKELL, W.; YEE, M.; EVANS, A.; IRBY, P. "Simultaneous measurement of heart rate and body motion to quantitate physical activity" *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1993; 25(1): 109-115.
8. LI, R.; DEURENBERG, P.; HAUTVAST, J. "A critical evaluation of heart rate monitoring to assess energy expenditure in individuals" *Am. J. Clin. Nutr.*, 1993; 58: 602-607.
9. LIVINGSTONE, M. B. "Simultaneous measurement of free-living energy expenditure by the doubly labeled water method and heart-rate monitoring" *Am. J. clin. Nutr.*, 1990; 52: 59-65.
10. CHRISTENSEN, C. y cols. "A critical evaluation of energy expenditure estimates based on individual O<sub>2</sub> consumption/heart rate curves and average daily heart rate" *Am. J. clin. Nutr.*, 1983; 37: 468-472.
11. SCOTT, C. B. "Interpreting energy expenditure for anaerobic exercise and recovery: an anaerobic hypothesis" *J. sports. Med. Phys. Fitness.*, 1997; 37: 18-23.
12. VAN DEN BERG-EMONS, R.; SARIS, W.; WESTERTERP, K.; VAN BAAK, M. "Heart rate monitoring to assess energy expenditure in children with reduced physical activity" *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1996; 28(4): 496-501.
13. FOX. E.L.: *Fisiologia del deporte*. Ed. Panamericana. 1984.