

Hospital Militar Central "Dr. Carlos J. Finlay"

## VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD FÍSICA MEDIANTE PRUEBA ERGOMÉTRICA EN JÓVENES SANOS

*Dra. Ruth Reyes Sánchez, Dr. Ernesto Velarde Sosa y Dr. Eduardo Álvarez Acevedo*

### RESUMEN

Se estudió, mediante prueba ergométrica máxima en bicicleta y utilizando el protocolo de la OMS, un grupo de 80 jóvenes sanos, con edades comprendidas entre 21 y 29 años. La media de la carga máxima tolerada fue de 140,31 W. El peso y la talla de la muestra estudiada fue de 71,9 Kg y 173,21 cm, respectivamente. El consumo máximo de oxígeno fue de  $29,97 \pm 3,83$  mL/kg/min. La potencia media fue de 93,41 W/min. El doble producto  $\times 10^{-2}$  fue de 337,71 y el watt/kg de 1,92. Se realizó la intensidad de la prueba en el 93,7 % de frecuencia cardíaca máxima según la edad. Se obtuvo un nomograma basado en un análisis de regresión para la capacidad de trabajo, que resultará útil en la comparación de otros grupos con características similares.

*Descriptor DeCS:* APTITUD FISICA; TEST DE ESFUERZO; ERGOMETRIA.

La prueba ergométrica en bicicleta es utilizada por las Fuerzas Armadas de varios países como un estimado de la capacidad aeróbica y, por tanto, de la aptitud cardiovascular.<sup>1,2</sup>

La capacidad de trabajo físico ha sido objeto de estudio desde finales del siglo pasado y principios del actual.<sup>3</sup> La capacidad de rendimiento se define como la aptitud para realizar un trabajo fuerte o de larga duración sin la sensación de fatiga. La capacidad física es una tolerancia de las modificaciones del medio interior que ocurren durante la ejecución de un esfuerzo muy intenso. En el contexto militar, la ap-

titud física se define como la capacidad de ejecutar tareas pesadas y cumplir misiones.<sup>4</sup>

El término de capacidad de trabajo físico puede considerarse como una definición convencional que trata de manifestar las posibilidades del organismo para enfrentar sus relaciones con el medio en que desarrolla sus actividades, lo cual motiva que existan varios conceptos, según el criterio de cada autor, sin impedir que la mayoría coincida y esté de acuerdo en que la capacidad de trabajo físico equivale al consumo máximo de oxígeno.<sup>5</sup> En las tesis sobre Política

Científica Nacional del Primer Congreso del Partido Comunista de Cuba, ratificadas en el segundo y tercer congresos, se hace énfasis en las investigaciones en el campo de salud para estudiar el comportamiento fisiológico del cubano y su capacidad de adaptación con el fin de elevar el grado de salud para el trabajo en nuestras condiciones.

El objetivo del presente trabajo es:

- Elaborar un nomograma para la capacidad de trabajo físico en los sujetos estudiados que sirva de comparación para el estudio de otros grupos con características similares.
- Conocer la capacidad de esfuerzo físico de un grupo de jóvenes de 21 a 29 años de edad.
- Conocer la respuesta al esfuerzo de la presión arterial y la frecuencia cardíaca.
- Conocer el comportamiento durante el período de recuperación de los sujetos estudiados.

## MÉTODOS

Estudiamos mediante una prueba de esfuerzo máximo, 80 jóvenes sanos del sexo masculino, con similar estilo de trabajo y un promedio de edad de 25,8 (21-29), empleamos una bicicleta ergométrica sueca, modelo Monark, con monitoreo electrocardiográfico continuo y como derivación torácica, CM5. El protocolo aplicado fue el recomendado por la OMS. Los sujetos estudiados permanecieron 10 min en reposo decúbito supino. Al final de esta etapa registramos además del ECG de 12 derivaciones, la derivación CM5, con una estandarización de 1 cm = 1 mV. Determinamos, asimismo, la frecuencia cardíaca (FC), la presión arterial (PA) y la

frecuencia respiratoria. Aplicamos el mismo procedimiento a los 8 min en posición de pie, al final del segundo minuto en el calentamiento con una carga de 12,5 W y al final del segundo minuto de las posteriores cargas. Éstas fueron incrementadas en 25 W cada vez, con una permanencia en cada nivel de 3 min, comenzamos por 50 W y continuamos hasta el agotamiento. Pedalearon a 60 rev/min, registramos los mismos parámetros en la carga decreciente, en la que permanecieron durante 40 s, con la mitad de la última carga aplicada e inmediatamente en el comienzo, primero, segundo, cuarto y décimo minutos de la recuperación. Recogimos todos los datos en un modelo para su posterior análisis.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Utilizamos un sistema computacional estadístico soportado en microcomputadora, del cual usamos diferentes procedimientos estadísticos; análisis de regresión, estadígrafos descriptivos. Obtuvimos la media y la desviación estándar de las variables estudiadas. Dimos por ciertas aquellas hipótesis donde la significación del error tipo I fue  $p \leq 0,05$ .

## CRITERIOS Y DEFINICIONES

### CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

Consideramos así a la mayor tasa de metabolismo aerobio alcanzable durante la ejecución de un trabajo muscular dinámico (rítmico). Su valor absoluto depende de la capacidad física de cada individuo.<sup>6</sup> En el presente trabajo fue asumido según el nomograma de Astrand.<sup>7</sup>

### CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO

Es un término fisiológico y representa la capacidad de ejecución de una labor mecánica lo más intensa posible y de larga duración. Se utiliza la tabla de Shephard,<sup>8</sup> según el peso y la edad del sujeto.

### APTITUD FÍSICA

Se considera como la capacidad para mantener un funcionamiento lo más cerca posible del nivel de reposo durante la ejecución de un esfuerzo prolongado y el restablecimiento rápido cuando éste cesa. También se emplea como un término fisiológico, relacionado con la homeostasis en condiciones de carga física.<sup>9</sup>

### WATT

Es una expresión de la carga de trabajo externa. Es la unidad de potencia que se mide en la bicicleta de laboratorio contra una resistencia en la unidad de tiempo.

### ESFUERZO MÁXIMO

Es el que logra el máximo consumo corporal total de oxígeno ( $VO_2$  máx.). En estado estable, la FC que se registra en res-

puesta a una carga física, guarda una relación lineal con el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ).<sup>10</sup>

### ÍNDICE DE EFICIENCIA MIOCÁRDICA (IEM)

Carga máxima en kilogrametros/doble producto  $\times 10^{-2}$ /superficie corporal en  $m^2$ .<sup>11</sup>

### NOMOGRAMA

Representación gráfica de una relación.<sup>12</sup>

## RESULTADOS

En la tabla 1 mostramos los datos antropométricos de la muestra estudiada. En la tabla 2 exponemos el resultado de las variables ergométricas utilizadas en la valoración de la capacidad de trabajo físico.

TABLA 1. Datos antropométricos del grupo estudiado

	Medias	DE	Mínimo	Máximo
Edad (años)	25,84	2,11	21	29
Peso (kg)	73,38	7,46	60	93
Peso ideal (kg)	71,93	5,84	60	85
Talla (cm)	173,21	5,41	162	187
IMC ( $kg/m^2$ )	24,47	1,72	20,63	29,76
Superficie corporal ( $m^2$ )	1,87	0,11	1,62	2,12

TABLA 2. Variables ergométricas utilizadas en la valoración de la capacidad física

Parámetro	Media	DE	Mínimo	Máximo
Carga máxima (W)	140,31	19,28	100	175
Potencia media (W/min)	93,41	9,13	75	112,50
$VO_2$ = máximo (mL/kg/min)	29,97	3,83	23,50	45
Doble producto ( $\times 10^2$ )	337,71	39,56	244	420
LEM (W/kg)	1,31	0,20	0,94	1,92
Intensidad de la prueba (%)	1,92	0,26	1,23	2,57
Total de kilogrametros	93,70	6,01	73	102
Equivalente metabólico (m)	7677,50	1966,48	4050,0	12150,0
	8,48	1,26	6,72	12,80

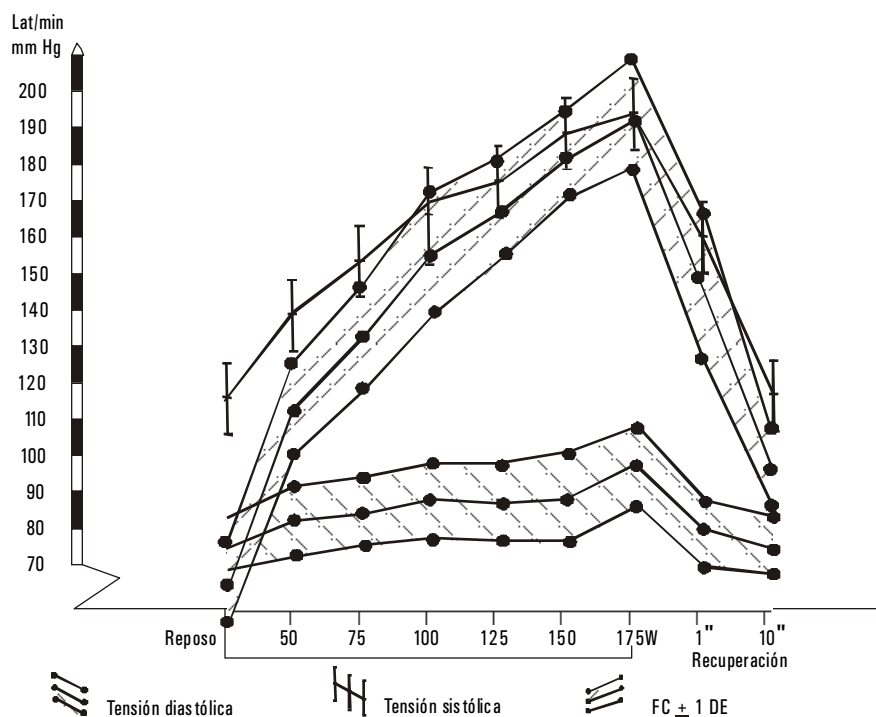


Fig. 1. Respuesta fisiológica en reposo y con diferentes cargas de trabajo.

En la figura 1 se observa la respuesta al esfuerzo de la frecuencia cardíaca, la tensión arterial sistólica y diastólica de los 80 jóvenes estudiados mediante prueba ergométrica. La frecuencia cardíaca se elevó progresivamente durante el esfuerzo. En la recuperación disminuyó paulatinamente, aunque la frecuencia observada a los 10 min fue de  $98,97 \pm 10,47$  lat/min, superior en cerca de 31 lat/min a la inicial que fue de  $67 \pm 11,05$  lat/min. La PA sistólica aumentó progresivamente a partir de la fase de calentamiento hasta la carga

máxima tolerada, en que se registró un promedio de  $184,25 \pm 16,82$  mmHg. Al cesar el esfuerzo comenzó a disminuir hasta llegar a los 10 min de la recuperación a una cifra similar a la del estado de reposo. Las variaciones de la PA diastólica fueron las iniciales a los 10 min de la recuperación.

En la figura 2 presentamos un nomograma basado en un análisis de regresión para la capacidad de trabajo de la muestra estudiada que se compara con el utilizado habitualmente en la realización de este tipo de prueba.

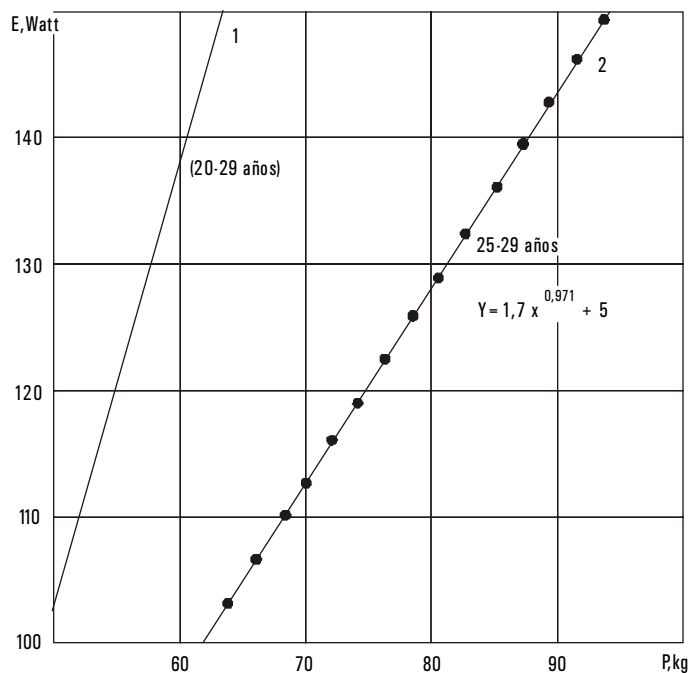


Fig. 2. Capacidad de trabajo para una frecuencia cardíaca de 161 lat/min.  
1. Según Shephard.  
2. En la muestra estudiada.

## DISCUSIÓN

La media de los datos antropométricos estudiados (tabla 1) ha sido similar a la presentada en otros estudios cubanos (mencionado por Boffil Martínez L. M. Desarrollo físico del militar cubano. Tesis para optar por el título de Doctor en Ciencias Médicas. ISMM Dr. Luis Díaz Soto. La Habana. 1986).

La media de la carga máxima tolerada correspondió a 140,31 W, la cual, según *Torno Alfonso*, está por debajo de la carga estimada para realizar cualquier tipo de trabajo físico pesado cuando se valora la incorporación de un cardiópata al trabajo. Se observa, además que el consumo máximo de oxígeno está prácticamente en el límite inferior de sujetos sanos sedentarios.<sup>13</sup> Se reporta que en la interpretación de los resultados de este tipo de prueba y su comparación con datos normales, se deben tener en cuenta al país y la raza. Así, existen diferencias pequeñas, pero significativas, en la aptitud

promedio esperada entre los Estados Unidos de América y Europa, como también existen diferencias entre las razas con respecto a la fisiología del ejercicio.<sup>14</sup> Diversos autores en nuestro medio han publicado trabajos en los que han estudiado, durante el esfuerzo, muestras de características diferentes a las nuestras y con métodos diferentes, por lo cual no creemos que los resultados sean comparables.<sup>15</sup>

El producto de la PA sistólica por la FC es considerado un buen índice del consumo de oxígeno miocárdico y su valor máximo, útil para definir la función cardiovascular normal. Como es lógico suponer y según los resultados obtenidos, esfuerzos mayores determinan requerimientos mayores de oxígeno por el miocardio, ya que el producto PA sistólica por FC aumentó en relación directa con la carga de trabajo. El valor medio del índice de eficiencia miocárdica (IEM) se encuentra entre los límites considerados normales según la edad y el sexo.<sup>11</sup> Como se observa

en la tabla 2, el resultado de W/kg, que es otro de los índices utilizados para evaluar la capacidad física, mostró valores superiores a los reportados en otros trabajos,<sup>16</sup> aunque no comparables, por no corresponder al mismo grupo etéreo.

Calculamos las cargas de trabajo toleradas en la muestra estudiada para una frecuencia cardíaca submáxima de 161 lat/min. Obtuvimos un nomograma basado en un análisis de regresión para la capacidad de trabajo en la muestra estudiada calculada para el grupo de 25-29 años (62 sujetos). Comparamos la carga de trabajo que debía realizar para una FC estable de 161 lat/min, según la tabla de Shephard. La ecuación recibida  $y = 1,71 x^{0,971} + 5$  corresponde a una parábola, aunque se aproxima a una recta con valores significativamente inferiores a los de Shephard para un mismo rango de edades. Este nomograma ayudará a comparar otras muestras con similares características.

Estudios realizados en Suecia<sup>17</sup> ofrecen cifras promedio de FC inferiores para

cargas de trabajo iguales y en edades comparables a las de nuestra serie, lo que podría tomarse como un índice de que la muestra estudiada por nosotros tenía un grado de entrenamiento físico inferior.

Llama la atención que la FC al final del período de recuperación no se restableció hasta las cifras previas al ejercicio. Esta recuperación incompleta sugiere que el trabajo fue superior al grado de entrenamiento físico de la muestra estudiada. El comportamiento de la PA durante el ejercicio concuerda en general con lo señalado para individuos normales.

En conclusión, la prueba ergométrica en bicicleta es útil para la estimación del consumo de oxígeno y por lo tanto, para la evaluación de la capacidad de esfuerzo físico; el nomograma obtenido se puede utilizar para comparar la capacidad de trabajo físico en otras muestras similares y los resultados sobre la media de la carga máxima tolerada, consumo máximo de oxígeno y tiempo de recuperación de la FC indican una capacidad física inferior a muestras estudiadas en otros países.

## SUMMARY

A group of 80 healthy young individuals aged 21-29 was studied by maximal bicycle test according to the protocol of the World Health Organization. The mean maximal tolerated load was of 140.31 W. The weight and height of the studied sample was of 71.9 kg and 173.21 cm, respectively. The maximum oxygen consumption was of  $29.97 \pm 3.83$  mL/kg/min. The mean potency was of 93.41 W/min. The double product  $\times 10^{-2}$  was of 337.71 and the Watt/kg of 1.92. The intensity of the test was applied to 93.7 % of the maximal heart rate according to age. It was obtained nomogram based on a regression analysis for working capacity that will be useful to compare other groups with similar characteristics.

*Subject headings:* PHYSICAL FITNESS; EXERCISE TEST; ERGOMETRY.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lee Chin D, Blackwood GV, Cackstettes GD. Ergometry as a predictor of basic military training succes. *Milit Med* 1996;16(2):75.
2. Geneeskunding T. Determination of the physical condition of Netherlands Air Force Personnel (COUMANS) Netherlands Militair. *Rev Int Serv Sante Forces Armees* 1995;68(1-3):81.
3. Julius S. Influence of age on the hemodynamic response to exercise. *Circulation* 1967;36:222-9.
4. A final report on military physical training: produced by the Research Study Group (RSG) 17. *Ann Med Milit Belg* 1994;8(3):96.

5. Drabik J, Wetzler HP, Porter V. Aerobic capacity of Polish soldiers. *Milit Med* 1989;154(4):196-8.
6. Bernard R Ch. Exercise stress testing. En: Branwald E. *Heart disease*. 5 ed. USA: Saunders, 1997:153-79.
7. Astrand Y. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand* 1960;49(169 suppl):45-60.
8. Longe Andersen K, Shephard RJ. *Fundamentals of exercise testing*. Geneva:World Health Organization, 1971:55.
9. Guyton AC. *Tratado de fisiología médica*. La Habana: Editorial Científico-Técnica,1984;t:247-459.
10. Menéndez Camporredondo H, Prada Sosa L, Caballero Acosta R. Estudio de la relación existente entre consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca y ventilación pulmonar en pilotos. *Rev Cubana Med Militar* 1992;21(2):93-7.
11. Vázquez A, Mindlin de Aptecar FR, Aptecar M. Evaluación de la eficiencia miocárdica mediante un índice ergométrico. *Rev Argent Cardiol* 1981;49(1):22-33.
12. Cuba. Ministerio de Cultura. *Diccionario terminológico de Ciencias Médicas*. La Habana:Editorial Científico-Técnica,1984:707.
13. Rivas Estany E, Ponce de León O, Hernández Cañero A. *Rehabilitación de la cardiopatía isquémica*. La Habana: Editorial Científico-Técnica,1987:15.
14. OMS. *Rehabilitación después de las enfermedades cardiovasculares, con especial atención a los países en desarrollo (Serie de informes técnicos, 831)*. Ginebra, 1993:43.
15. Castellanos Delgado F, Blanco Herrera J, Nicot Balon G. Test para la evaluación funcional en esgrimistas. *Rev Cubana Med Dep Cultura Física* 1990(1):66-9.
16. Jánosi A, Carajai T, Mikodemusz A. Exercise test variables of a population with maximal bicycle test. *Cor Vasa* 1987;29(5):381-7.
17. Astrand I. Aerobic working capacity in men and women in some professions. *Forwars Med* 1967;1:163-6.

Recibido: 3 de febrero de 1999. Aprobado: 11 de mayo de 1999.

Dra. *Ruth Reyes Sánchez*. Hospital Militar Central "Dr. Carlos J. Finlay", calle 114 y ave. 31, Marianao, Ciudad de La Habana, Cuba.