

MÉTODOS PRACTICOS PARA ESTIMAR LA CAPACIDAD FISICA DE TRABAJO¹

*Rogelio Manero Alfert², Alma Armisen Penichet²
y José M. Manero Torres²*

INTRODUCCION

La capacidad física de trabajo se define como la posibilidad de realizar trabajo por la acción coordinada e integrada de una variedad de funciones, principalmente procesos generadores de energía, actividad neuromuscular y factores psicológicos (1). Su conocimiento permite prever las posibilidades de realizar una actividad física con rendimiento óptimo y manteniendo un margen de seguridad para no afectar la salud.

Muchos investigadores (2-6) han venido desarrollando este tema, el cual incorpora diversos conceptos fisiológicos que lo hacen importante y complejo a la vez. Es posible determinar cerca de 15 variables fisiológicas para predecir la capacidad máxima ante un trabajo sostenido; sin embargo, la mayoría de los investigadores (1, 7-11) consideran al consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\max}$) como el indicador más útil para valorar la capacidad física de trabajo. Tomando en consideración la diversidad de factores que la conforman, un comité de expertos de la Organización Mundial de la Salud

(OMS) propone además los siguientes indicadores: tolerancia subjetiva al ejercicio, coordinación neuromuscular, potencia y capacidad anaerobias máximas y fuerza muscular máxima (12).

La medición directa del $\dot{V}O_{2\max}$ suele ser costosa y complicada y exige una gran cooperación de los sujetos, quienes son sometidos a cargas máximas de trabajo que no podrían imponerse a personas de edad avanzada o con trastornos cardiovasculares o respiratorios. Por estas razones, desde hace varios años se han venido utilizando los métodos de medición indirecta basados en la aplicación de pruebas de esfuerzo submáximo y en la estrecha correlación de la frecuencia cardíaca, la carga de trabajo y otras variables fisiológicas y antropométricas con el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$) (13-17).

Ahora bien, para lograr una adecuada ubicación y adaptación del hombre a su trabajo no basta con conocer su capacidad aerobia máxima. Es necesario tener presentes también las necesidades calóricas de cualquier tarea, las cuales pueden identificarse midiendo con analizadores químicos o electrónicos el oxígeno consumido en la actividad (18, 19). Pero para hacer investigaciones

¹ Presentado al XXI Congreso Internacional de Salud Ocupacional, septiembre de 1984, Dublín, Irlanda.

² Instituto de Medicina del Trabajo de Cuba. Dirección postal: Calzada de Bejucal Km 7 1/2, Arroyo Naranjo; Ciudad de la Habana, Cuba, Apartado 9064.

de terreno en un gran número de sujetos se han establecido métodos indirectos de estimación basados en la gran correlación existente entre el gasto energético y algunas variables fisiológicas, fundamentalmente frecuencia cardíaca (20-23) y volumen minuto respiratorio (24-28).

La evaluación directa e indirecta del gasto energético o del consumo de oxígeno y el conocimiento de diferentes respuestas fisiológicas frente a determinados esfuerzos han servido para establecer clasificaciones de las actividades laborales que expresan la intensidad del trabajo físico (7, 29-32).

No obstante, los métodos indirectos para determinar la capacidad física de trabajo y el gasto energético, así como las clasificaciones mencionadas, están basados en poblaciones con características antropométricas y fisiológicas diferentes a las de la población cubana. Estas diferencias ocasionan importantes errores de cálculo que limitan mucho la aplicación de dichas técnicas. Por tales razones, partiendo de los principios fisiológicos establecidos nos propusimos crear un método práctico para conocer la capacidad física de los trabajadores cubanos, confeccionar indicadores para determinar los requerimientos físicos de las diferentes actividades laborales, validar la aplicación de estos indicadores en el terreno y proponer una clasificación de la carga física de trabajo según el rendimiento energético y cardiovascular.

MATERIALES Y METODOS

Desde hace algún tiempo, las investigaciones sobre capacidad física de trabajo efectuadas en el Instituto de Medicina del Trabajo de Cuba se dividen en

dos etapas fundamentales: en el *laboratorio* se trata de controlar el mayor número posible de variables, a fin de hacer generalizaciones prácticas de los resultados, y en el *terreno* se aplican los indicadores establecidos y se busca la posible sobrecarga fisiológica. El presente estudio se dividió de esta manera.

Laboratorio. Un total de 120 trabajadores cubanos, la mitad de cada sexo, fueron sometidos a distintas evaluaciones para determinar sus respuestas fisiológicas a diferentes cargas de trabajo físico. Para determinar la carga física se usó un banco de madera de 50 cm de altura y dos peldaños; el sujeto subía y bajaba alternativamente paso a paso, con un ritmo de 30 pasos por minuto las mujeres y 48 pasos por minuto los varones. En un minuto las mujeres subían y bajaban 10 veces, y los varones 16. Esta misma carga puede obtenerse con el ergómetro de pedales y expresarse en vatios (33). Las principales variables fisiológicas medidas fueron frecuencia cardíaca, volumen minuto respiratorio y consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$). Ulteriormente, la relación de estos datos con las características antropométricas de los sujetos (peso, talla, masa corporal activa) permitió establecer fórmulas y gráficos para conocer la capacidad física de trabajo y la manera como se modifica durante la actividad laboral. En total, se hicieron 3 120 observaciones fisiológicas.

Terreno. Se estudió un total de 323 trabajadores cubanos pertenecientes a diferentes sectores industriales. A cada uno se le midieron peso, talla, $\dot{V}O_{2\max}$, frecuencia cardíaca, temperatura oral, sudación y volumen minuto respiratorio; posteriormente, con estos datos se aplicaron los indicadores establecidos previamente en los estudios de laboratorio. En total, se efectuaron 4 695 observaciones fisiológicas y 8 894 mediciones climáticas (tem-

peratura seca, temperatura húmeda, presión barométrica y velocidad del aire).

Análisis estadístico. Los datos se sometieron a análisis de regresión, correlación y varianza; se utilizó la prueba t de Student (de significación) para evaluar las diferencias de los métodos. Los resultados de esta investigación se presentan en su forma definitiva.

RESULTADOS Y DISCUSION

Nomograma para estimar la capacidad física de trabajo

Incluye dos escalas de peso corporal ajustadas a la carga submáxima determinada en el banco (30 pasos/min para las mujeres y 48 pasos/min para los varones) y en el ergómetro de pedales (expresada en vatios). Como el $\dot{V}O_{2\max}$ disminuye con la edad, se agregó un factor de corrección aplicable de los 30 a los 60 años (figura 1). Conociendo solamente el peso corporal del sujeto y la frecuencia cardíaca alcanzada al concluir el esfuerzo con la carga establecida, el nomograma permite estimar, con cierto grado de certeza ($\pm 15\%$ de error), el $\dot{V}O_{2\max}$ y la frecuencia cardíaca máxima.

Indicador de costo cardíaco verdadero y su relación con la capacidad física de trabajo

La variación entre la frecuencia cardíaca en reposo y la alcanzada al ejecutar un trabajo se conoce como costo cardíaco y puede indicar, según el tiempo invertido, un grado mayor o menor de entrenamiento. Si frente a un mismo trabajo la frecuencia cardíaca de un sujeto alcanza un nivel estacionario con cifras más altas que la de otro, el segundo tiene

menor costo cardíaco, ya que realiza el mismo trabajo con menor esfuerzo cardiovascular. Esto es válido siempre y cuando se conozcan las cifras de frecuencia cardíaca tanto en reposo como durante el ejercicio, cuando se alcanza el estado de equilibrio. El análisis de la variación de la frecuencia cardíaca sería mucho más completo si conociéramos la posibilidad máxima de desplazamiento que puede tener esta variable a partir de las cifras de reposo; así, calculando individualmente la frecuencia cardíaca máxima se podría determinar el costo cardíaco máximo. De esta forma, si el costo cardíaco provocado por una actividad física se relaciona con el costo cardíaco máximo, se obtiene un indicador que representa el porcentaje de la posibilidad total de desplazamiento que interviene en dicho trabajo (34).

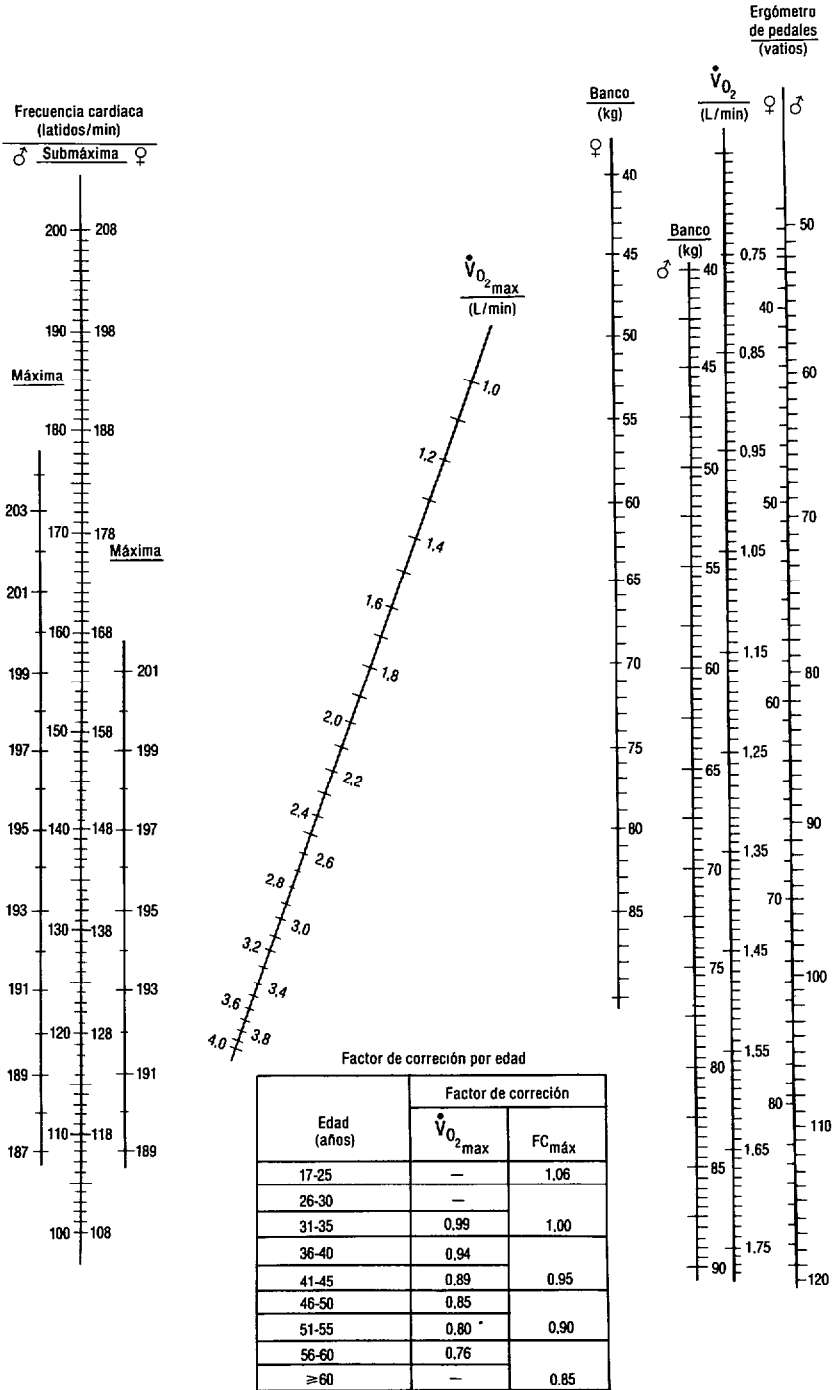
Para conocer el indicador de costo cardíaco verdadero (ICCV) se aplica esta fórmula:

$$ICCV = [(FC_{\text{activ}} - FC_{\text{rep}})/(FC_{\text{máx}} - FC_{\text{rep}})] \times 100;$$

donde FC_{activ} , FC_{rep} y $FC_{\text{máx}}$ representan, respectivamente, los valores de la frecuencia cardíaca en actividad, en reposo y máxima. Como puede verse, la única variable de la ecuación es la frecuencia cardíaca medida en diferentes momentos. Esta fórmula puede utilizarse en personas de cualquier edad o sexo.

Durante el trabajo la frecuencia cardíaca puede medirse por auscultación o por palpación; la actividad debe haber durado más de 3 minutos (estado estacionario) y la medición debe hacerse en los primeros 15 segundos de la recuperación. El valor máximo de la frecuencia cardíaca se puede calcular con base en el valor submáximo alcanzado al aplicar la carga del nomograma. La frecuencia cardíaca en reposo debe medirse en el

FIGURA 1. Nomograma para calcular el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2max}$) y la frecuencia cardíaca máxima (FC_{max}) en trabajadores cubanos de uno y otro sexo.



propio puesto de trabajo, en la posición corporal que el sujeto adopta habitualmente y por lo menos 10 minutos después de haber concluido la actividad física anterior.

Período de recuperación rápida regular y capacidad física de trabajo

Al promediar las curvas de recuperación de la frecuencia cardíaca se observa que la fluctuación de esta variable no aparece en los estadios iniciales. La curva se comporta como una exponencial de dos términos en la que el primero representa la fase rápida y el segundo la fase lenta, ambas con tendencia decreciente sostenida. A partir del inicio de la fluctuación la curva se hace irregular y declina lentamente. En ella se reflejan los componentes que integran la recuperación de la frecuencia cardíaca y se identifican tres períodos bien delimitados. Uno de ellos es el período de recuperación rápida regular (PRRR), que se define como el tiempo necesario para recuperar 50% del costo cardíaco desplazado por cualquier actividad. Dicho período guarda gran correlación ($r = 0,79$) con el porcentaje de capacidad física de trabajo que interviene en la actividad y es más prolongado a medida que el individuo utiliza más su capacidad física y que la frecuencia cardíaca alcanzada durante la actividad es mayor. El anexo 1 muestra un esquema para determinar este período en estudios de terreno (35).

Para calcular el PRRR se mide la frecuencia cardíaca en actividad en los 15 primeros segundos de la recuperación. Al valor obtenido se le resta la frecuencia cardíaca en reposo y se calcula 50% del costo cardíaco desplazado. La frecuencia

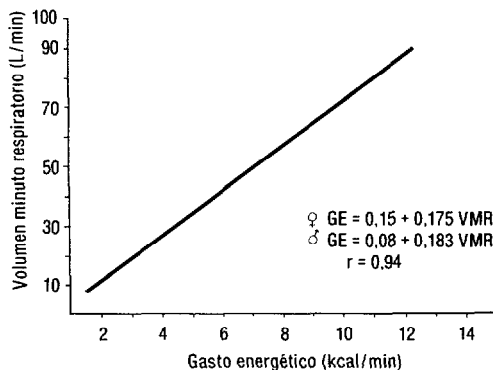
cardíaca de recuperación se mide en los intervalos señalados en el esquema y posteriormente se resta del valor obtenido en la actividad. El intervalo que coincide con 50% del costo cardíaco es el PRRR, el cual puede utilizarse como indicador de fatiga al analizar el rendimiento cardiovascular de un trabajador frente a la jornada laboral.

Estimación del gasto energético de la actividad mediante la medición del volumen minuto respiratorio

Teniendo en cuenta que el volumen minuto respiratorio es la variable que mayor correlación guarda con el gasto energético, se establecieron dos fórmulas de regresión (varones y mujeres) para estimar esta variable cuando se conoce la primera. Es importante señalar que los valores de correlación más altos se encontraron entre los 12 y 48 L/min, lo cual favorece la aplicación de las fórmulas pues la mayor parte de las actividades laborales encajan en dicho intervalo (36).

En la figura 2 aparecen las dos fórmulas de regresión con el volumen minuto respiratorio como variable independiente. Para obtener valores más reales de este en el terreno, debe medirse en

FIGURA 2. Relación entre volumen minuto respiratorio (VMR) y gasto energético (GE) en ambos sexos.



la fase estacionaria de la actividad y en más de tres ocasiones.

Determinación del pulso de trabajo dinámico y el gasto energético específico de la actividad

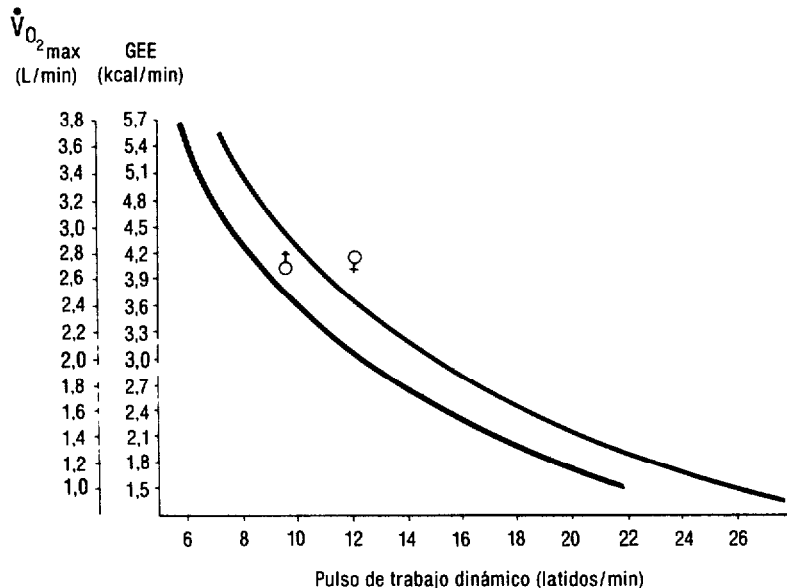
El gráfico de la figura 3 relaciona el $\dot{V}O_{2\max}$, es decir, el límite energético máximo para un trabajo dinámico continuo de ocho horas (en kcal/min), y el pulso de trabajo dinámico, o sea la relación entre el costo cardíaco (en latidos/min) y el gasto energético (en kcal/min). La confección de este gráfico se basó en el análisis individual de la capacidad física de trabajo para determinar el pulso de trabajo dinámico en varones y mujeres. En vez de considerar dicho pulso como un valor límite constante, se considera que varía

según la capacidad física máxima para realizar trabajo. Un valor de 30% sería el límite energético máximo para ejecutar una actividad continua y no ocasionaría cansancio muscular progresivo si, al determinar la relación entre costo cardíaco y gasto energético que interviene realmente en la actividad, no se excede el valor del pulso de trabajo dinámico establecido. Esta relación se denomina pulso de trabajo real; si se conoce el valor de este, es posible localizar en el gráfico el gasto energético específico con el cual se puede realizar la actividad sin que aparezca fatiga progresiva (37).

División de la jornada laboral en momentos para determinar el gasto energético correspondiente

Se propone un sencillo esquema que facilita conocer el gasto energético de la actividad en sí y el gasto energético total de la jornada. Está basado en el gasto calórico máximo de cada

FIGURA 3. Determinación del pulso de trabajo dinámico (PTD) y el gasto energético específico (GEE) en uno y otro sexo.



sujeto estimado por el nomograma y la porción de dicho gasto en cada uno de los tres momentos en que se divide la jornada laboral. El momento 1 es el tiempo real de trabajo; el momento 2 es el tiempo en que el trabajador, sin abandonar su puesto, no está produciendo, y el momento 3 es el tiempo reglamentario destinado a almuerzo y merienda (38) (anexo 2).

Desde luego, no se pretende abarcar todos los complejos problemas que se derivan del estudio de un puesto de trabajo, sino tan solo orientar al médico práctico sobre los momentos que debe tomar en cuenta al evaluar los cambios fisiológicos del trabajador durante su tarea. De esta forma, el esquema puede resultar útil al poner en práctica medidas organizativas, ajustes en las normas de producción y ubicación adecuada de los períodos de descanso con el propósito de facilitar la ejecución de tareas pesadas.

Clasificación de la carga física de trabajo

Con base en las respuestas fisiológicas evaluadas en el grupo estudiado se estableció una clasificación del trabajo físico en cuatro categorías: ligero,

moderado, pesado y muy pesado, con la correspondiente diferenciación por sexo (cuadro 1). A las variables habituales de gasto energético y porcentaje de la capacidad física de trabajo que interviene en la actividad se incorpora el indicador de costo cardíaco, que traduce la sobrecarga cardiovascular a que pueden estar sometidos los trabajadores no solo por la actividad física sino también por los distintos factores del medio laboral. De esta forma, el trabajo puede clasificarse tanto desde el punto de vista energético como del cardiovascular.

Utilización y validación de los indicadores propuestos

Al aplicar en el terreno los indicadores descritos se pudo comprobar que brindan abundante información sobre el rendimiento fisiológico de los trabajadores y sirven además para clasificar los puestos de trabajo en diferentes categorías (cuadro 2).

Por otra parte, se validaron el nomograma y las fórmulas para calcular el gasto energético y la frecuencia car-

CUADRO 1. Clasificación propuesta para evaluar la carga de trabajo físico.

Categoría del trabajo	Gasto energético (kcal/h)	Capacidad física de trabajo ^a (%)	Indicador de costo cardíaco verdadero (%)
Ligero	♂ < 150 ♀ < 110	< 20	♂ < 16 ♀ < 23
Moderado	♂ 150-250 ♀ 110-180	20-32	♂ 16-27 ♀ 23-25
Pesado	♂ 251-350 ♀ 181-240	33-46	♂ 28-42 ♀ 36-49
Muy pesado	♂ > 350 ♀ > 240	> 46	♂ > 42 ♀ > 49

^a Ambos sexos.

CUADRO 2. Cambios fisiológicos durante el trabajo en un grupo de trabajadores cubanos dedicados a distintas actividades.

Tipo de actividad	No. de trabajadores	$\dot{V}O_{2\max}$ (L/min)	Pulso de trabajo ^a (latidos/kcal)		Gasto energético ^a (kcal/min)		Capacidad física de trabajo (%)	Indicador de costo cardíaco verdadero (%)	Categoría de la actividad	
			Dinámico	Real	Real	Específico			Energética	Cardiovascular
Actividades portuarias	90	2,5±0,4 (1,5-3,6)	9,04±0,5 (8,50-10,0)	9,85±0,7 (4,0-11,0)	5,02±0,8 (2,0-6,5)	3,81±0,7 (2,7-7,0)	38,0	44,6	Pesada	Muy pesada
Operación de equipo pesado	50	2,59±0,3 (1,8-3,2)	8,8±0,53 (7,5-10,0)	4,68±0,3 (2,4-6,8)	1,68±0,4 (1,2-1,9)	8,0±0,6 (5,0-13,0)	12,6	10,1	Ligera	Ligera
Construcción de viviendas	83	2,65±0,27 (2,0-3,3)	8,41±0,6 (6,9-9,1)	10,2±0,7 (8,3-12,8)	3,66±0,6 (2,6-5,8)	3,48±0,5 (2,6-4,9)	28,0	30,0	Moderada	Pesada
Fabricación de cerámica	18	3,03±0,8 (2,0-3,2)	7,35±0,2 (6,8-8,4)	12,8±0,3 (10,7-16,0)	3,8±0,5 (2,4-4,7)	3,2±0,3 (2,9-3,6)	29,0	37,7	Moderada	Pesada
Industria metalúrgica	82	2,63±0,64 (1,7-3,5)	8,87±0,5 (7,2-11,0)	13,1±0,6 (9,4-14,8)	2,53±0,4 (1,4-4,01)	2,7±0,4 (2,1-3,5)	20,2	24,4	Moderada	Moderada

^a Valor de la media ± 1 desviación estándar y límites (entre paréntesis).

CUADRO 3. Validación de los indicadores propuestos.

Indicadores	Variables	No. de sujetos	Valor real	Valor estimado	Desviación estándar (%)	Significación estadística
Nomograma	$\dot{V}O_{2max}^a$ (L/min)	24	2,56	2,38	16	$P > 0,5$
Fórmula de regresión	FC_{max}^b (latidos/min)	24	198	194	—	$P > 0,05$
Fórmula de regresión	Gasto energético (kcal/min)	16	4	3,6	6,7	$P > 0,05$

^a Consumo máximo de oxígeno.

^b Frecuencia cardíaca máxima.

día máxima; los errores de predicción cayeron dentro de los límites aceptables para estudios de terreno (cuadro 3).

CONCLUSIONES

Consideramos que el nomograma propuesto es apropiado para estimar la capacidad física de trabajo de los trabajadores cubanos en situaciones como el reconocimiento médico previo al ingreso a un empleo, los exámenes médicos periódicos, la evaluación de la capacidad física antes y después de la rehabilitación y la clasificación de los puestos de trabajo de acuerdo con el porcentaje de capacidad física que debe intervenir. También es útil en investigaciones de terreno cuando no se puede medir directamente el $\dot{V}O_{2max}$.

El indicador de costo cardíaco verdadero es un método útil para investigaciones de terreno, pues ofrece datos concretos sobre la magnitud del esfuerzo cardiovascular y el grado de entrenamiento cuando se comparan los indicadores de varios sujetos que ejecutan la misma tarea. Puede también utilizarse

como criterio para evaluar la carga física de trabajo.

El período de recuperación rápida regular puede usarse como un indicador de fatiga al analizar el rendimiento cardiovascular de un trabajador frente a su tarea. De la misma forma, puede servir para establecer un régimen adecuado de trabajo y descanso.

La medición del volumen minuto respiratorio para calcular el gasto energético que interviene en la actividad laboral parece ser adecuada cuando no se puede medir directamente el $\dot{V}O_2$. Este método es aplicable en la mayor parte de las actividades de producción y de servicios, y su principal objetivo es clasificar las tareas.

La clasificación de la jornada laboral en tres momentos se puede aplicar en las actividades industriales que están normadas y en todas las demás que, aun sin estarlo, pueden separarse en tales períodos.

Consideramos útil la medición del pulso de trabajo real y su comparación con el pulso de trabajo dinámico para determinar el gasto energético específico de la tarea y compararlo con el gasto energético real de la actividad y el de la jornada de trabajo. Ello permite conocer el límite energético continuo

que conviene a un trabajador porque no se acompaña de fatiga ni deterioro funcional. En ambientes de trabajo donde los agentes físicos no son realmente influyentes la identificación de valores del pulso de trabajo real mayores que los del pulso de trabajo dinámico puede indicar que ha aparecido el componente estático de la contracción muscular.

Pensamos que la clasificación propuesta para evaluar la carga física de trabajo ofrece mayor información y puede aplicarse en todos los sectores laborales de Cuba, pues toma en cuenta las respuestas fisiológicas de la mujer, agrega la categoría de muy pesado y permite valorar la sobrecarga cardiovascular.

RESUMEN

En un grupo de 120 trabajadores de uno y otro sexo se midieron las respuestas fisiológicas a diferentes cargas

de trabajo físico. Los valores de frecuencia cardíaca, volumen minuto respiratorio y consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$) se relacionaron con peso, talla y masa corporal activa, lo cual permitió establecer fórmulas y gráficos, en particular un nomograma, para estimar la capacidad física de trabajo y sus cambios durante la actividad laboral. Posteriormente, los indicadores establecidos en el laboratorio se sometieron a prueba en el terreno con un grupo de 323 trabajadores seleccionados de diferentes sectores industriales. En todos los casos se siguió una metodología similar.

Se concluye que los métodos propuestos son adecuados para estimar la capacidad física de trabajo de la población trabajadora cubana en diferentes circunstancias prácticas, y que la clasificación de la carga física de trabajo propuesta por los autores es más completa. \square

ANEXO 1. Esquema para determinar el período de recuperación rápida regular (PRRR).

Fórmula:^a

$$PRRR = FC_{activ} - FC_{rep} = 50\% \text{ del costo cardíaco desplazado}$$

Intervalo (seg)	FC_{activ}	FC_{recup}	$FC_{activ} - FC_{rep}$	PRRR ^b
0-15	_____	_____	_____	_____
15-30	_____	_____	_____	_____
45-60	_____	_____	_____	_____
75-90	_____	_____	_____	_____
105-120	_____	_____	_____	_____

^a FC_{activ} : frecuencia cardíaca en actividad (medida en los primeros 15 seg de la recuperación); FC_{rep} : frecuencia cardíaca en reposo; FC_{recup} : frecuencia cardíaca en recuperación

^b El intervalo en el que el valor de $FC_{activ} - FC_{rep}$ coincide con 50% del costo cardíaco es el PRRR.

ANEXO 2. Esquema para la división de la jornada de trabajo en momentos.

Fórmula:^a

$$\dot{V}O_{2\max}(\text{L}/\text{min}) \times \text{EEO}_2 = \text{GCM} = 100\% \text{ CFT}$$

	Duración (h:min)	Gasto calórico (kcal/min)	Gasto calórico total (kcal/min)	Capacidad física de trabajo (%)
Momento 1 ^b	_____	_____	_____	_____
Momento 2 ^c	_____	_____	_____	_____
Momento 3 ^d	_____	_____	_____	_____
Gasto calórico total/Duración de la jornada = Gasto calórico de la jornada _____ (kcal/min)				
(Gasto calórico de la jornada/Gasto calórico máximo) × 100 = % CFT que interviene en la jornada _____				
Clasificación del momento 1: _____				
Clasificación de la jornada: _____				

^a $\dot{V}O_{2\max}$: consumo máximo de oxígeno; EEO_2 : equivalente energético de oxígeno; GCM: gasto calórico máximo, CFT: capacidad física de trabajo.

^b Tiempo real de trabajo.

^c Tiempo en que, sin abandonar el puesto de trabajo, no se produce.

^d Almuerzo y merienda.

REFERENCIAS

- Astrand, P. y Rodahl, K. Physical work capacity. In: *Textbook of Work Physiology*. New York, Ed. McGraw-Hill, 1970. pp. 279-315.
- Karpovich, P. O. *Physiology of muscular activity*. Filadelfia, Ed. Saunders, 1959. pp. 23-28.
- Lehmann, G. Medidas de la capacidad de producción. In: *Fisiología práctica del trabajo*. Madrid, Ed. Aguilar, 1960. pp. 97-110.
- Consolazio, C., Johnson, R. y Pecora, L. Physical fitness and performance. In: *Physiological Measurements of Metabolic Functions in Man*. New York, Ed. McGraw-Hill, 1961. pp. 244-248.
- Strom, G. Recommended symbols, nomenclature and criteria for certain measures of physical capability. *Forsvarsmedicin* 3:159-164, 1967.
- Shephard, R., Allen, C., Benade, J., Davies, C., Prampero, P., Hedman, R., Merriman, J., Myhre, K. y Simmons, R. The maximum oxygen intake. *Bull WHO* 38:757-761, 1968.
- Donoso, P. Capacidad aerobia como índice de adecuación física. *Rev Med Chil* 99:719-731, 1971.
- Organización Mundial de la Salud. Las pruebas de esfuerzo y la función cardiovascular. Ginebra, 1968. (Serie de Informes Técnicos 388).
- Mueller, H. Some aspects of determinations of physical work in tropical regions by way of field studies. Simposium de la IVFRO. Yugoslavia, 1973.
- Saha, P. Aerobic capacity of dock workers in Bombay. *Am Ind Hyg Assoc J* 36:311-316, 1975.
- Kwuttgen, H. Physical working capacity and physical performance. *Med Sci Sports Exerc* 1:1-9, 1969.

- 12 Organización Mundial de la Salud. Capacidad óptima de rendimiento físico en el adulto. Ginebra, 1969. (Serie de Informes Técnicos 436.)
- 13 Astrand, P. y Rhyning, I. A nomogram for calculation of aerobic capacity from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol* 7:218-225, 1954.
- 14 Maritz, J., Morrison, J., Peter, J., Strydom, N. y Wyndham, C. A practical method of estimating an individual maximal oxygen intake. *Ergonomics* 4:77-85, 1961.
- 15 Wyndham, C., Strydom, N., Leary, N. y Williams, C. Studies of the maximum capacity of men for physical efforts. *Int Z Angew Physiol* 22:285-293, 1956.
- 16 Dobeln, W. V., Astrand, I. y Bergstrom, A. An analysis of age and other factors related to maximal oxygen uptake. *J Appl Physiol* 22:934-941, 1967.
- 17 Margaria, R., Aghemo, P. y Rowell, E. Indirect determination of maximal oxygen consumption in man. *J Appl Physiol* 20:1070-1076, 1965.
- 18 Frauendorf, H., Kobryn, V., Kohn-Seyer, G. y Nehring, P. Biological effort of male workers involved in manual work making drain pipes. *Z Gesamte Hyg* 26:777-785, 1981.
- 19 Martin, G., Frauendorf, H., Erdmann, V. y Kohn-Seyer, G. Industrial physiological examinations of dust men during removal of 110 litre waste bins and large waste containers. *Z Gesamte Hyg* 26:579-587, 1980.
- 20 Malhotra, M., SenGupta, A. y Rao, M. Pulse count as a measure of energy expenditure. *J Appl Physiol* 18:994-996, 1964.
- 21 Datta, S. y Ramanathan, N. Energy expenditure in work predicted from heart rate and pulmonary ventilation. *J Appl Physiol* 26:296-302, 1969.
- 22 Booyens, J. y Hervey, G. The pulse rate as a means of measuring metabolic rate in man. *Can J Biochem Physiol* 38:1301-1309, 1960.
- 23 Verma, S., Malhotra, M. y SenGupta, A. Indirect assessment of energy expenditure at different work rates. *Ergonomics* 22:1039-1044, 1979.
- 24 Durmin, J. y Edwards, R. Pulmonary ventilation as an index of energy expenditure. *Quart J Exp Physiol* 40:370-377, 1955.
- 25 Ramanathan, N. Reliability of estimation of metabolic levels from respiratory frequency. *J Appl Physiol* 19:497-502, 1964.
- 26 Ford, A. y Hellerstein, H. Estimation of energy expenditure from pulmonary ventilation. *J Appl Physiol* 14:891-898, 1959.
- 27 Rao, M. y Saha, P. The Indian agriculturist. *J Occup Med* 7:447-451, 1965.
- 28 SenGupta, A., Ferris, B. y Rao, M. Oxygen consumption of male Indian jute workers. *Arch Indian Health* 20:96-99, 1959.
- 29 Frauendorf, H. y Kobryn, V. Directriz para el análisis y la apreciación de formas seleccionadas de trabajo físico. *Z Gesamte Hyg* 28:21, 1975.
- 30 Bonjer, F. H. Energy expenditure. In: *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. Ginebra, Organización Internacional del Trabajo, 1972. (Vol. 1, pp. 458-461.)
- 31 Normas Soviéticas. Categorías de Trabajo. Gost: 12-1-005. URSS, 1976.
- 32 Christensen, E. Physiology of work. In: *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. Ginebra, Organización Internacional del Trabajo, 1972. (Vol. 2, pp. 1063-1065.)
- 33 Manero, R., Armisen, A., Manero, J. M. y Fregel, O. Aplicación y extensión de un método para estimar la capacidad física de trabajo. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 21:267-274, 1983.
- 34 Manero, R. y Fregel, O. Un indicador de costo cardíaco y su relación con la capacidad física de trabajo. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 18:145-154, 1980.
- 35 Manero, R. Componentes en la recuperación de la frecuencia cardíaca y su relación con la capacidad física de trabajo. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 18:155-162, 1980.
- 36 Manero, R. y Fregel, O. A method for estimating energetic requirements in different work activities. *Arb Hig Rada Toksikol* 30(supl.):1331-1337, 1979.
- 37 Manero, R. Componente estático de la contracción muscular en algunas actividades de la construcción. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 21:195-204, 1983.
- 38 Manero, R. Clasificación de puestos de trabajo según gasto energético en una industria sideromecánica. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 19:266-274, 1981.

SUMMARY

PRACTICAL WAYS OF ASSESSING PHYSICAL LABOR CAPACITY

Physiological response to different physical work loads was measured in a group of 120 workers of either sex. The values for the rate of heartbeat, minute ventilation and oxygen consumption ($\dot{V}O_2$) were related to weight, height and active body mass, and were used to work out formulas and graphs, and particularly, a nomogram for estimating the physical capacity for work and related changes produced in the course of that activity. Later, the indicators determined in the laboratory were tested in the field with a group of 323 workers selected from various branches of industry. The methodology was the same in all cases.

It is concluded that the proposed methods are suitable for estimating the physical labor capacity of the Cuban working population in a variety of practical situations, and that the new classification of physical work load suggested by the authors is more complete than previous ones.

RESUMO

MÉTODOS PRÁTICOS PARA ESTIMAR A CAPACIDADE FÍSICA DE TRABALHO

Num grupo de 120 trabalhadores de ambos os sexos avaliaram-se as respostas fisiológicas a diferentes cargas de trabalho físico. Os valores de frequência cardíaca, volume respiratório por minuto e consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) se relacionaram com o peso, altura e massa corporal ativa, o que permitiu estabelecer fórmulas e gráficos, em particular

um nomograma, para estimar a capacidade física de trabalho e suas variações durante a atividade. Posteriormente, os indicadores estabelecidos no laboratório foram submetidos a teste de campo com um grupo de 323 trabalhadores selecionados de diferentes setores industriais. Em todos os casos seguiu-se uma metodologia semelhante.

Conclui-se que os métodos propostos são adequados para estimar a capacidade física de trabalho da população trabalhadora cubana em diferentes circunstâncias práticas, e que a classificação da carga física de trabalho proposta pelos autores é mais completa.

RÉSUMÉ

MÉTHODES PRATIQUES D'ESTIMATION DE LA CAPACITÉ PHYSIQUE DE TRAVAIL

On a mesuré les réponses physiologiques d'un groupe de 120 travailleurs des deux sexes après les avoir soumis à différents niveaux de travail physique. On a établi des relations entre les valeurs de rythme cardiaque, du volume minute respiratoire et de la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$), et le poids, la taille et l'ossature, ce qui a permis d'établir des formules et des graphiques, notamment un nomogramme permettant d'estimer la capacité physique de travail et les changements survenus durant l'effort physique. Ensuite, les indicateurs déterminés en laboratoire ont été mis à l'épreuve sur le terrain à l'aide d'un groupe de 323 travailleurs appartenant à différentes branches de l'industrie. La même méthode a été appliquée dans tous les cas.

On conclut que les méthodes proposées conviennent à l'estimation de la capacité physique de travail de la population ouvrière cubaine dans différentes circonstances pratiques, et que la classification du niveau physique de travail proposée par les auteurs est plus complète.