

Dos alternativas para el estudio y promoción de la capacidad física de los trabajadores



ROGELIO MANERO ALFERT
*Jefe Departamento de Fisiología.
Profesor e Investigador Titular.*

JOSE MANUEL MANERO TORRES
*Miembro del Departamento
de Fisiología.
Profesor instructor e investigador
Agregado.
INSTITUTO DE MEDICINA
DEL TRABAJO.
La Habana (Cuba)*

SUMARIO

Se propone un procedimiento para estimar la capacidad física de los trabajadores y un esquema de entrenamiento que permite mejorarla. Se han establecido para ser ejecutados en un banco de 50 cm de altura y dos peldaños, y se han aplicado y validado en decenas de trabajadores de uno u otro sexo, comprobándose su efectividad para estudios epidemiológicos de campo.

Palabras clave: capacidad física, fisiología del trabajo, biomecánica, ergonomía.

INTRODUCCION

Los resultados que se exponen en este artículo son el producto de largos años de investigaciones sobre la capacidad física de la población trabajadora cubana. En tal sentido, los estudios sobre este aspecto se han orientado en dos direcciones fundamentales: establecer un método indirecto para conocer la capacidad física y estructurar un esquema de entrenamiento para mejorarla. Ambos casos están basados en principios fisiológicos previamente establecidos, pero fueron confecciona-

dos ajustados y validados tomando en consideración nuestras propias características, y sus posibilidades de aplicación están referidas a la utilización de un mínimo de recursos. Dichos resultados se presentan en su versión definitiva.

DESARROLLO

Prueba escalonada para estimar la capacidad física de la población.

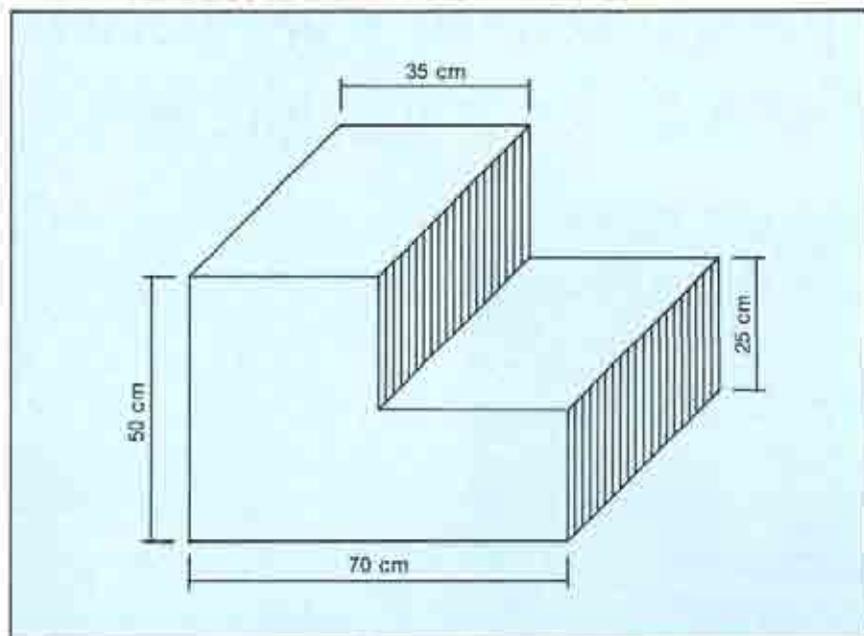
Consiste en un método indirecto para la determinación de la capaci-

dad física mediante la estimación del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx). El método, que tiene antecedentes en autores como Astrand (1), Balke (2), Manero (3) y Siconolfi (4), se basa en la aplicación de tres cargas físicas escalonadas en un banco a un ritmo de subida y bajada específico y con el control de la frecuencia cardíaca (FC) como indicador de esfuerzo (5). El límite de carga está referido a un compromiso cardíaco superior al 65 por 100 de la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) estimada. Este umbral está determinado por el hecho de que a este nivel de FC la estimación de la capacidad física a través del Nomograma (6) es más rigurosa.

a) Procedimiento para la aplicación de la prueba escalonada

- Pesar al sujeto con ropa ligera y descalzo (kg).
- Tomar FC y presión arterial en reposo.
- Calcular la FCmáx mediante la

ESQUEMA DEL BANCO DE MADERA Y SUS DIMENSIONES



descanso entre ellas. El paso de una carga a otra está en relación con la respuesta cardiovascular. El control de las cargas se puede realizar mediante un metrónomo o cintas grabadas y en su defecto, utilizando un cronómetro o reloj con segundo, contando las veces que sube y baja cada quince o treinta segundos (ver cuadro 1).

— Al concluir cada carga se tomará la FC por auscultación del área precordial o palpación de los pulsos radial y carotídeo, en los primeros 15 segundos de la recuperación. En la carga donde se alcance una FC que sea igual o exceda el 65 por 100 de la FC_{máx}, se detiene la prueba y con este dato y el peso corporal previamente medido se busca en la tabla correspondiente el valor del VO₂ máx (tablas 1, 2 y 3). Este valor debe ser rectificado de acuerdo a la edad del sujeto por el siguiente factor de corrección:

fórmula 220-edad y determinar el 65 por 100 de la misma para conocer el límite de carga o FC de referencia.

— Utilizar el primer peldaño (25 cm) de un banco de 50 cm de altura y dos peldaños como instrumento para la realización de las cargas. La secuencia de subida y bajada es a razón de cuatro pasos por cada vez, y el sujeto debe apoyar los dos pies en el peldaño al subir y en el suelo al bajar (Fig. 1-A).

— Las cargas se asignan con independencia del sexo y la edad. La primera carga consiste en subir y bajar el primer peldaño 17 veces en un minuto; la segunda, 26, y la tercera, 34, con una duración de tres minutos cada una y un minuto de

CUADRO 1 Esquema y control de la prueba escalonada

Cargas	Control de cargas (Subir y Bajar)			
	Conteo (veces/15 seg)	Conteo (veces/30 seg)	Metrónomo o grabadora (tonos/seg)	Tiempo (min)
Primera (17 v/min)	4,2	8,5	68	3
Descanso	—	—	—	1
Segunda (26 v/min)	6,5	13	104	3
Descanso	—	—	—	1
Tercera (34 v/min)	8,5	17	136	3



La prueba escalonada se ha aplicado con éxito a centenares de trabajadores de diferentes edades.

Factor de corrección

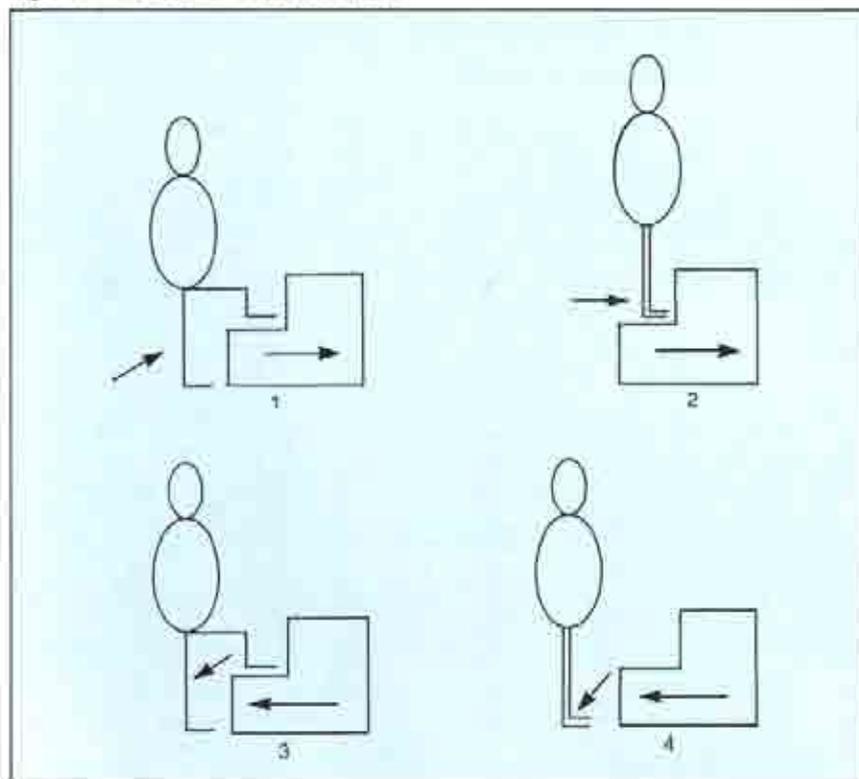
Edad	VO ₂ máx
17-30	1,00
31-35	0,99
36-40	0,94
41-45	0,89
46-50	0,85
51-55	0,80
56-60	0,76
61-65	0,71
66-70	0,67
71-75	0,62
76-80	0,58

b) Validación de la prueba escalonada

La predicción de la capacidad física mediante la estimación del

UTILIZACION DEL BANCO

Fig. 1-A Para estimar capacidad física



VO_2 máx por la prueba escalonada fue comprobado en 60 personas, de las cuales la mitad pertenecían al sexo femenino. Los promedios de los valores reales y estimados no presentaron diferencias significativas entre sí al ser comparados a un nivel de $P = 0,05$. Esta diferencia fue inferior a 100 ml y presentó un error de estimación del 10 por 100, lo cual es perfectamente aceptable para investigaciones de campo.

Una modalidad de entrenamiento físico

Consiste en un esquema de entrenamiento para ser ejecutado en un banco de 50 cm de altura y dos peldaños. No hemos encontrado antecedentes en la literatura especializada sobre el uso de un banco para mejorar la aptitud física de una persona; no obstante, Cooper (7) propone la utilización de escaleras con propósitos similares. El criterio para la asignación de diferentes cargas de entrenamiento está referido a desplazar la FC al 80 por 100 de la FC máx estimada (8). Sólo se pasa a la carga inmediata superior si la FC

Fig. 1-B Para entrenamiento

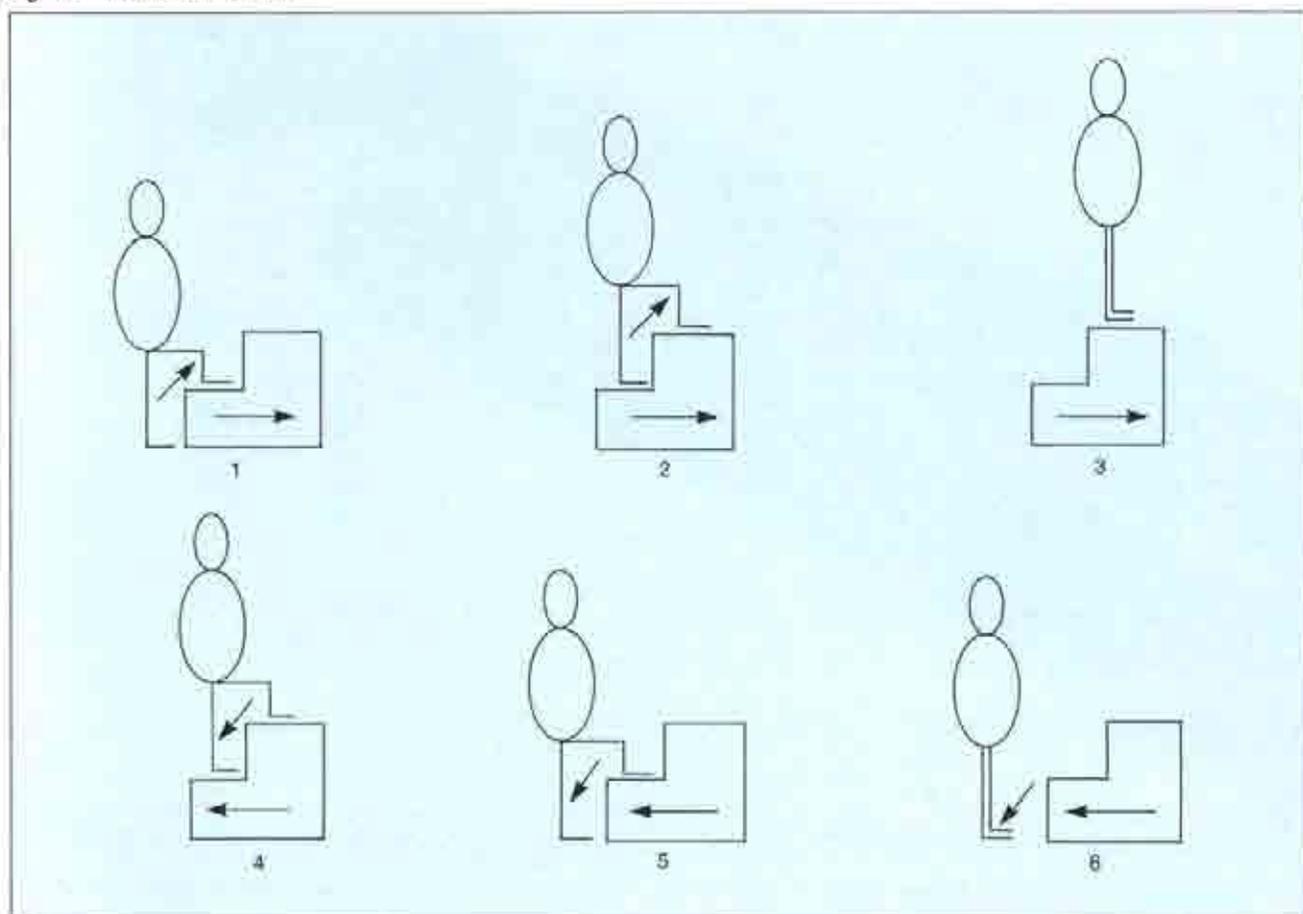


TABLA 1
Prueba escalonada para estimar capacidad física
PRIMERA CARGA (17 VECES/MINUTO)
Frecuencia cardiaca submáxima (lat/min)

Hombre	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	
Mujer	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	
Peso (kg)	CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (L/min)															VO ₂ Submáx (L/min)
	(VO ₂ máx)															
40-44	370	310	270	240	210	195	180	165	155	140	132	125	118	112	106	068
45-49	400	340	290	260	230	215	198	180	168	157	146	138	132	125	118	072
50-54	419	360	310	285	250	230	210	195	180	169	157	149	141	134	128	077
55-59	446	390	330	301	268	245	225	209	193	180	168	158	152	144	136	082
60-64	473	397	349	320	286	260	240	220	205	190	178	169	160	153	145	087
65-69	500	419	370	335	300	278	253	233	217	203	189	178	170	161	154	092
70-74	522	438	390	350	316	290	270	248	228	214	199	188	179	171	162	096
75-79	549	460	401	369	330	305	282	260	240	226	210	199	189	180	172	101
80-84	577	483	421	386	341	320	296	275	252	235	219	208	198	188	178	106
85-89	600	506	441	392	360	332	310	288	267	249	232	219	209	198	188	111
90-94	—	529	460	409	375	343	323	300	279	259	241	228	218	207	197	116
95-99	—	547	476	423	390	359	333	311	289	270	251	238	227	216	205	120
100-104	—	570	496	441	386	370	342	322	300	280	260	248	235	223	213	125
105-109	—	593	517	459	401	389	359	333	312	292	275	259	247	234	222	130
110-114	—	—	536	476	417	400	369	341	321	301	281	268	253	241	228	135

Nota: Los valores de consumo máximo y submáximo de oxígeno deben dividirse entre 100 para expresarlos en litros por minuto.

TABLA 2
Prueba escalonada para estimar capacidad física
SEGUNDA CARGA (26 VECES/MINUTO)
Frecuencia cardiaca submáxima (lat/min)

Hombre	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	
Mujer	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	
Peso (kg)	CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (L/min)															VO ₂ Submáx (L/min)
	(VO ₂ máx)															
40-44	326	303	280	259	240	225	213	203	193	184	175	167	160	154	148	108
45-49	341	321	299	277	258	240	227	217	207	195	186	178	172	164	158	115
50-54	361	337	316	293	274	255	240	229	218	208	198	189	182	175	168	122
55-59	389	359	335	313	294	275	258	247	233	222	212	203	196	188	180	130
60-64	416	375	348	328	308	288	270	258	245	233	221	213	205	197	188	137
65-69	437	398	366	339	322	302	286	272	258	246	233	223	213	208	199	144
70-74	456	424	380	354	333	315	298	285	270	257	244	233	225	213	208	151
75-79	483	446	415	370	348	328	311	299	284	270	257	246	237	227	218	159
80-84	504	466	433	389	361	339	324	310	297	281	268	256	247	237	227	166
85-89	525	485	452	416	376	351	334	322	308	292	279	267	257	247	237	173
90-94	547	505	470	433	403	377	358	342	325	307	297	280	270	257	247	180
95-99	571	527	491	452	421	393	374	357	339	320	310	292	282	268	258	188
100-104	592	547	509	469	437	408	388	370	352	332	321	303	292	278	267	196
105-109	—	558	520	479	446	416	396	378	359	339	328	309	298	284	273	199
110-114	—	586	546	503	468	437	416	397	377	356	344	325	313	298	286	209

Nota: Los valores de consumo máximo y submáximo de oxígeno deben dividirse entre 100 para expresarlos en litros por minuto.

de entrenamiento es inferior a este valor.

a) Procedimiento para la aplicación del esquema

— Estimar la capacidad física mediante la aplicación de la prueba

escalonada (ver procedimiento anterior). La prueba debe repetirse al final del entrenamiento para conocer el nivel de condicionamiento físico alcanzado.

— Calcular el 80 por 100 de la FC_{máx} (220-Edad) para conocer la FC de entrenamiento.

— Las cargas de entrenamiento consisten en subir y bajar el banco desde 8 hasta 24 veces en un minuto a una secuencia de 6 pasos y colocando un solo pie en el primer peldaño (Fig. 1-B).

— Las cargas se aplican de acuerdo a los grupos de edades y sólo se

TABLA 3
Prueba escalonada para estimar capacidad física
TERCERA CARGA (34 VECES/MINUTO)
Frecuencia cardíaca submáxima (lat/min)

Hombre	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	
Mujer	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180	184	
Peso (kg)	CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (L/min) (VO ₂ máx)															VO ₂ Submáx (L/min)
40-44	365	340	322	301	285	272	258	246	233	224	216	208	199	191	184	144
45-49	388	359	337	319	301	289	274	260	248	237	228	219	210	202	197	153
50-54	411	378	361	333	318	303	289	275	261	250	240	230	222	210	203	162
55-59	436	400	370	350	331	320	305	290	277	265	254	243	234	225	218	172
60-64	459	417	406	378	358	342	324	305	293	281	271	261	250	240	231	181
65-69	482	448	425	397	376	359	340	324	307	295	285	274	262	252	243	109
70-74	504	470	445	416	394	376	356	340	322	305	298	287	275	264	254	199
75-79	530	493	484	437	414	395	374	357	338	325	313	302	289	277	267	209
80-84	552	515	487	456	431	412	390	372	353	339	327	315	301	289	278	218
85-89	575	536	507	474	449	429	407	388	367	353	340	328	314	301	290	227
90-94	598	557	528	493	467	448	423	403	382	367	354	341	326	313	301	236
95-99	—	581	550	514	487	465	441	420	398	383	369	355	340	326	314	246
100-104	—	600	570	533	505	482	457	438	413	396	382	368	352	338	326	255
105-109	—	—	590	552	522	499	473	451	427	411	396	381	365	350	337	264
110-114	—	—	—	571	540	516	489	466	442	425	410	394	377	362	349	273

Nota: Los valores del consumo máximo y submáximo de oxígeno deben dividirse entre 100 para expresarlos en litros por minuto.

pasa a una carga o tiempo superior si la FC es menor del 80 por 100 de la FC_{máx}. La FC debe medirse al concluir cada carga por auscultación o toma de pulsos en los primeros quince segundos de la recupera-

ción. El control de las cargas se realiza con los medios antes descritos (Cuadro 2).

— En la aplicación del esquema de entrenamiento la carga tope para mujeres y hombres es de 20 y 24,

respectivamente. A partir de estas cargas la intensidad del entrenamiento se puede incrementar en función del tiempo, aumentando un minuto cada día para todos los grupos de edades y siempre tomando

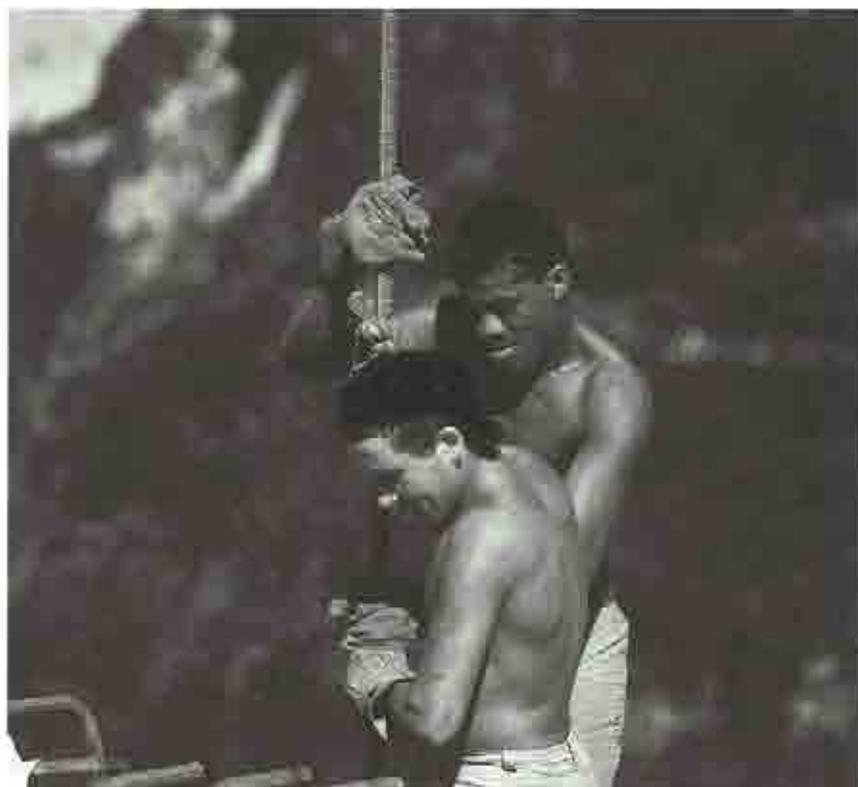


Otra ventaja del método es que se puede aplicar dentro de la jornada laboral sin afectar en la productividad.

Estos procedimientos se pueden aplicar dentro de la jornada laboral sin afectar a la productividad y sin necesidad de ocupar el tiempo libre de los trabajadores.

Estos métodos pueden ser extendidos a toda la comunidad e incorporarlos a un Plan de Promoción de la Salud.

La mayor parte de las actividades laborales están condicionadas por bajas exigencias físicas y poca movilidad, y la introducción de estos resultados tiene una repercusión importante en el estado de salud de los trabajadores.



El esquema de entrenamiento propuesto fué bien tolerado por los sujetos, lo que les permitió una mejora de sus condiciones físicas.

como referencia la respuesta cardiovascular.

— La limitación mecánica para subir y bajar el banco puede suceder antes de las cargas topes. En esta situación, los sujetos se mantendrán en la carga factible, cumplirán el esquema de acuerdo a la edad e incrementarán el tiempo a razón de

un minuto diario, de acuerdo a la respuesta cardiovascular.

b) Validación del esquema de entrenamiento físico

El esquema ha sido aplicado a 120 sujetos en diferentes centros de tra-

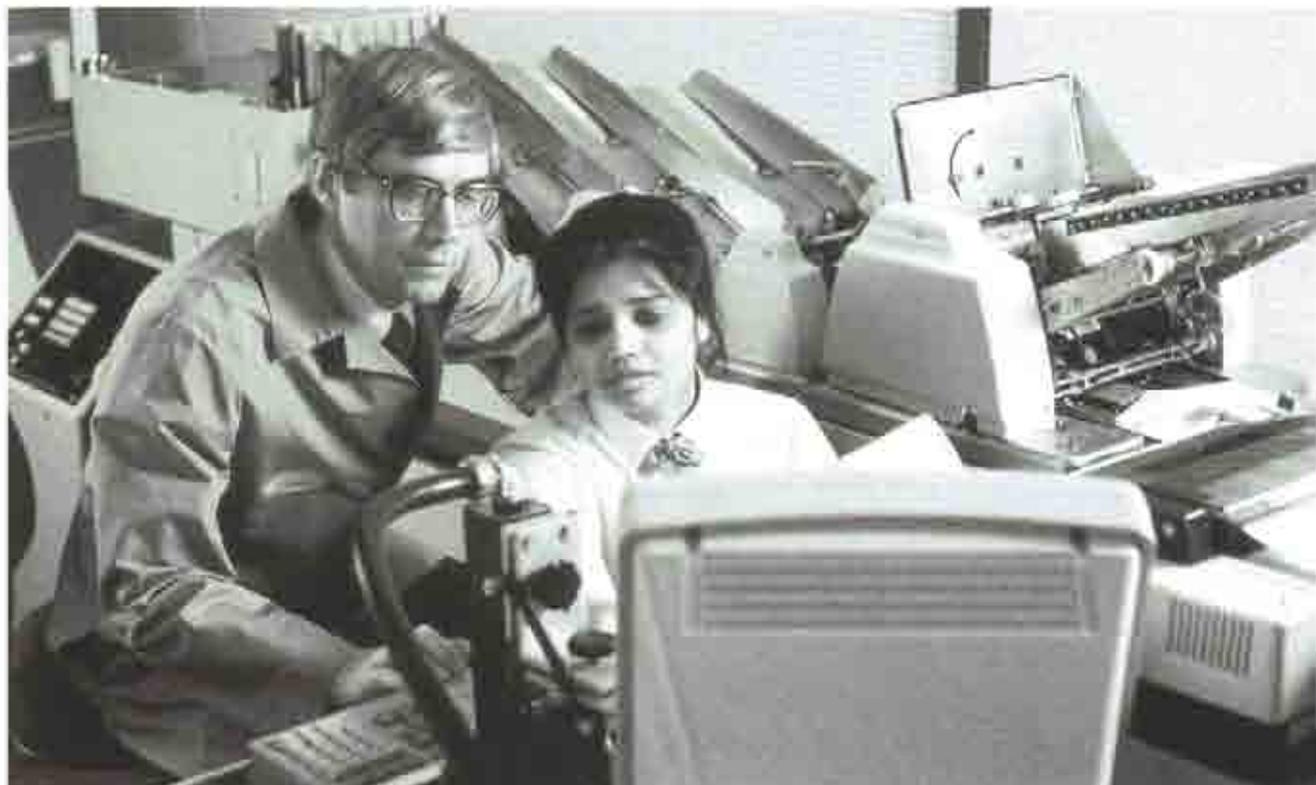
bajo. Ambos sexos y todas las edades se vieron representadas en esta experiencia, que tuvo una duración de doce semanas. Un grupo de control fue estructurado para establecer las comparaciones correspondientes. Todos los casos sometidos al entrenamiento mejoraron su capacidad física expresada en función del VO_2 máx en un 15 por 100, redujeron su FC submáxima y de reposo y disminuyeron los niveles de triglicéridos séricos, aumentando la presión de oxígeno en sangre arterial. El 60 por 100 de los entrenados aumentaron los niveles de HDL-colesterol y el 85 por 100 mejoraron

CUADRO 2 Esquema y control del entrenamiento físico

Edad (años)	Carga inicial (v/minuto)		Tiempo	Seguimiento
	(H)	(M)		
17-30	16	12	10—	
31-40	16	12	5 7 10—	Pasar a Carga superior si FC es = 0 < 80 % FCmáx.
41-50	16	12	5 6 7 8 9 10—	
51-60	14	10	5 7 10—	Pasar a Tiempo superior si FC es = 0 < 80% FCmáx. Pasar a Carga superior si FC = 0 < 80 % FCmáx.
61-70	12	8	5 6 7 8 9 10—	Pasar a Tiempo superior si FC = 0 < 80 % FCmáx. Pasar a Carga superior si FC = 0 < 80 % FCmáx.

CONTROL DE LA CARGA (Subir y Bajar)

Conteo		
(v/60 seg)	(v/30 seg)	(v/15 seg)
8	4	2
10	5	2,5
12	6	3
14	7	3,5
16	8	4
18	9	4,5
20	10	5
22	11	5,5
24	12	6



Es importante recordar que la mayor parte de las actividades laborales están condicionadas por bajas exigencias físicas y poca movilidad.

su respuesta vascular periférica (flujo venoso, oxigenación y resistencia).

CONCLUSIONES

La aplicación de estos resultados en la práctica social ha permitido tener un conocimiento real sobre la capacidad física de la población e incorporar un método más para lograr su promoción. La prueba escalonada se ha aplicado con éxito a centenares de trabajadores de diferentes edades y sexos y ha demostrado su eficacia de estimación en población saludable y no saludable, así como en sujetos entrenados y no entrenados. Su error de estimación es aceptable para estudios epidemiológicos en terreno. Por otro lado, el esquema de entrenamiento propuesto fue bien tolerado por los sujetos, cuestión que les permitió una adaptación progresiva al ejercicio, con la subsecuente mejoría de sus condiciones físicas. Estos efectos no difieren de lo expuesto en la literatura para otras modalidades de entrenamiento desarrolladas en el cicloergómetro y en el treadmill (9 y 10). En tal sentido se pudo comprobar que el condicionamiento físico alcanzado por el

entrenamiento en el banco fue efectivo también para otras modalidades e intensidades de esfuerzo físico.

Las principales ventajas de ambos métodos consisten en el ahorro de tiempo y recursos, y en el absoluto control del hecho de que ambos procedimientos se pueden aplicar dentro de la jornada laboral sin afectar a la productividad y sin necesidad de ocupar el tiempo libre de los trabajadores. El no tener que usar vestuario y calzado especial también contribuye a facilitar su empleo.

Estos métodos no sólo pueden aplicarse en cualquier centro de trabajo, sino que pueden ser extendidos a toda la comunidad e incorporarlos a un Plan de Promoción de Salud. Pueden tener, además, una aplicación de carácter domiciliario si la persona en su domicilio se mide a sí mismo la FC.

Finalmente, es importante recordar que la mayor parte de las actividades laborales están condicionadas por bajas exigencias físicas y poca movilidad, y la introducción de estos resultados tienen una repercusión importante en el estado de salud, pues contribuyen, entre otras cosas, a la erradicación de la hipokinésia y el sedentarismo, que, como es sabido, son factores influyentes en la aparición de enfermedades cardiovasculares.

BIBLIOGRAFIA

- ASTRAND, P., y RHYMING, I.: «A nomogram for calculation of aerobic capacity from pulse rate during submaximal work», *J. Appl. Physiol.*, 7 : 219, 1954.
- BALKE, B.: «Work capacity at attitude», en *Science and Medicine of exercise and sports*. E.U. Ed. Jhonson Wr. Harper and Brothers, 1960, pp. 339-347.
- MANERO, R.: «Métodos prácticos para estimar la capacidad física de trabajo», tesis de candidatura a Doctor en Ciencias Médicas. Instituto de Medicina del Trabajo, 1984.
- SICONOLFI, S., et al.: «A simple valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies», *Am. J. Epidemiol.* 121 : 383, 1985.
- MANERO, J. M., y MANERO, R.: «Aplicación de cargas escalonadas para estimar capacidad física», *Rev. Cub. Hig. Epid.* 1989.
- MANERO, R., et al.: «Capacidad física en trabajadores cubanos», *Rev. Of. Sanit. Panam.* 100 : 170, 1986.
- COOPER, K. H.: «Evaluación de la respuesta cardíaca» en *El camino del aeróbico*. México. Ed. Diana, 1979, p. 27-37.
- MANERO, R., y MANERO, J. M.: «Una modalidad de entrenamiento físico de posible inclusión en la jornada laboral», *Rev. Cub. Hig. Epid.*, 1989.
- KILBON, A.: «Physical training with submaximal intensities women», *Scand. J. Clin. Invest.*, 28 : 33, 1971.
- CUNNINGHAM, D. A., et al.: «Effect of training on cardiovascular response», *J. Appl. Physiol.*, 39 : 891, 1975.