

Monograph

# Un Test Máximo de Carrera de Ir y Volver de 20 m para Estimar el $\text{VO}_2$ máx.

Luc A Léger<sup>1</sup> y J Lambert<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département d'Éducation Physique, Université de Montréal, CEPSUM, C.P. 6128, Succ. « A », Montréal (Québec) Canadá, H3C 3J7.

<sup>2</sup>Département de Médecine Sociale et Préventive, Université de Montréal, Canadá.

## RESUMEN

Con el propósito de validar el test máximo de ir y volver de 20 m para la estimación del  $\text{VO}_2$  máx., 91 adultos (32 mujeres y 59 varones, de edades  $27,3 \pm 9,2$  y  $28,8 \pm 5,5$  años respectivamente, con valores medios de  $\text{VO}_2$  máx. ( $\pm$ DS) de  $39,3 \pm 8,3$  y  $51,6 \pm 7,8$   $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  respectivamente) realizaron el test y obtuvieron el  $\text{VO}_2$  máx. estimado por el método de extrapolación (extrapolación al tiempo cero de recuperación de la regresión de cuadrados mínimos exponenciales de los primeros cuatro valores de  $\text{VO}_2$  máx. de 20 s). Comenzando a  $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y aumentando  $0,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  cada 2 min, el test de carrera de ir y volver de 20 m permitió estimar el  $\text{VO}_2$  máx. ( $y$ ,  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) a partir de la velocidad máxima ( $x$ ,  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) por medio de la siguiente ecuación de regresión:  $y = 5,857x - 19,458$ ;  $r=0,84$  y error estándar de estimación (SEE)=5,4. Luego, el protocolo de etapas múltiples fue ligeramente modificado a su versión final, en la cual el test comenzó en la etapa de 7 Met y continuó aumentando 1 Met ( $3,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) cada 2 min. Veinticinco de los noventa y un sujetos realizaron dos veces el test de ir y volver de 20 m, una vez en una superficie dura de baja fricción (baldosas de amianto y vinilo) y la otra vez, en un piso de goma, además de un test máximo de caminata de etapas múltiples en una cinta rodante con ángulo de inclinación. No hubo diferencias entre los valores medios de estas pruebas o entre las pendientes de las regresiones  $\text{VO}_2$  máx.-velocidad máxima para los dos tipos de superficie. El test de carrera de ir y volver de 20 m y otro test de campo de etapas múltiples que involucraba la carrera continua en pista, dieron resultados comparables ( $r=0,92$ ,  $\text{SEE}=2,6 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $n=70$ ). Finalmente, el test-re-test del test de carrera de ir y volver de 20 m también proporcionó resultados comparables ( $r=0,975$ ,  $\text{SEE}=2,0 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $n=50$ ). Se concluye que el test de carrera de ir y volver de 20 m es un test válido y confiable para la estimación del  $\text{VO}_2$  máx. de varones y mujeres adultos, individualmente o en grupos, en la mayoría de las superficies de los gimnasios.

**Palabras Clave:**  $\text{VO}_2$  máx, método de extrapolación, validez, reproductibilidad, test de campo

## INTRODUCCION

Para valorar la potencia aeróbica máxima de un grupo grande de sujetos, uno depende de tests válidos, confiables, seguros y económicos. La estimación del  $\text{VO}_2$  máx. a partir de la respuesta de la frecuencia cardíaca submáxima ha sido criticada repetidamente por su falta de exactitud, particularmente en una base individual (Davis, 1968; Rowell y col. 1964; Taylor y col. 1963; Wyndham 1967). Uno de los test más frecuentemente usados es el test de carrera de 12 min (Cooper 1968). Este test es, sin embargo, un test máximo desde el comienzo hasta el final del período de 12 min, lo cual va en contra de las

tendencias actuales de usar pruebas de ejercicio de etapas múltiples en adultos (ACSM 1975). El test de carrera de 12 min también depende de la capacidad anaeróbica, la motivación y la capacidad para correr a un ritmo regular a lo largo de la prueba. Fue encontrado que un test máximo de etapas múltiples de carrera en pista (Léger y Boucher 1980) para el testeo de grupos es tan válido y confiable como los tests máximos, indirectos e individuales de etapas múltiples en cinta rodante, pero no podría ser ejecutado dentro de un gimnasio, debido a la alta velocidad alcanzada en las etapas finales del test. En el presente estudio fue encontrado que un test máximo de etapas múltiples de carrera de ir y volver de 20 m es válido y confiable para la valoración de grupos de adultos en dos tipos de superficie que abarcan una amplia gama de dureza y fricción.

## MÉTODOS

Un estudio piloto de cinco adultos jóvenes corriendo de un lado a otro de un trayecto de 20 m por 5 min a distintas velocidades desde 7 a 14 km.h<sup>-1</sup> reveló que el costo energético se incrementó en 1 Met (3,5 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) cada 0,5 km.h<sup>-1</sup>. Así, el protocolo experimental para los estudios de validación comenzó a 8 km.h<sup>-1</sup> y se incrementó en 0,5 km.h<sup>-1</sup> cada 2 min. Una vez que los estudios de validación fueron completados, el protocolo experimental fue levemente modificado para tener un incremento por estadio de 1 Met, para proporcionar la versión final del test que comienza a 7,5 km.h<sup>-1</sup> (Tabla 2). La versión final fue usada para el estudio de reproducibilidad. La velocidad fue determinada con señales de audio emitidas a frecuencias específicas usando una cinta grabada. Se dio instrucciones a los sujetos para que completaran tantas etapas como fuera posible. Se anunció el tiempo cada 0,5 min en las etapas de 2 min para ayudar a los sujetos a decidir si intentarían o no completar la etapa. El test se interrumpió cuando los sujetos no fueron capaces de seguir el ritmo (esto es, 3 m atrás de la línea de 20 m durante la señal de audio) o sintieron que no podrían completar la etapa.

### Valoración del Consumo de Oxígeno

El máximo consumo de oxígeno fue valorado estableciendo la curva de recuperación de O<sub>2</sub> luego del test máximo de etapas múltiples. Se utilizó el método de la bolsa de Douglas para la recolección de cuatro muestras consecutivas de 20 s de aire espirado inmediatamente al finalizar el test. Una sola curva de regresión exponencial fue ajustada a los cuatro puntos con la técnica de regresión de cuadrados mínimos, y el VO<sub>2</sub> al tiempo cero de la recuperación (VO<sub>2</sub> máx. en este caso) fue obtenido retroextrapolando la curva de recuperación de O<sub>2</sub>.

Previamente ha sido reportado que el método de retroextrapolación es válido (r=0,92) y exacto (SEE=3,21 mL.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) para la determinación del VO<sub>2</sub> máx. después de un test máximo de etapas múltiples (Léger y col. 1980). El O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> fueron analizados con analizadores Beckman OM-11 y LB-1 previamente calibrados con gases de concentraciones conocidas (técnica micro-Scholander). Se prestó atención de comenzar y finalizar el período de recolección de 20 s en la misma fase del ciclo respiratorio y de cronometrar exactamente ese período.

Grupo	n	Sexo	Edad (años)	Peso (kg)	VO <sub>2</sub> máx. (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
I	25	m + f	23,8±6,0	67,2±11,2	44,4±10,6
II	91	(32) f	27,3±9,2	56,8±9,4	39,3±8,3
		(59) m	24,8±5,5	71,1±9,6	51,6±7,8
III	70	(35) f	22,7±5,4	58,7±8,9	42,9±9,5
		(35) m	25,5±6,6	74,6±9,5	50,0±11,5
IV	50	(23) f	24,0±6,5	57,8±7,2	44,4±7,9
		(27) m	25,6±8,7	74,3±10,6	53,8±10,9

**Tabla 1.** Características físicas de los sujetos. Los datos son presentados como valores medios±desvíos estándar.

En esta publicación se consideran tres valores para el VO<sub>2</sub> máx.: el VO<sub>2</sub> máx. de medición directa, el VO<sub>2</sub> máx. retroextrapolado y el VO<sub>2</sub> máx. estimado a partir de la velocidad máxima alcanzada durante el test de etapas múltiples usando la ecuación de regresión apropiada. Dado que el VO<sub>2</sub> máx. de ejercicio y el retroextrapolado son casi iguales y dado que ambos valores se basan en la medición directa del VO<sub>2</sub>, ambos métodos serán clasificados como métodos directos y serán comparados con el estimado indirectamente para los propósitos de la discusión.

## Estudios de Validez

En la primera serie de experimentos, 13 varones y 12 mujeres (Tabla 1, Grupo 1) realizaron en forma aleatoria tres test máximos de etapas múltiples: (1) un test de caminata en cinta rodante en plano inclinado, (2) y (3) el test experimental de carrera de ir y volver de 20 m sobre piso de goma (*Mondo Rubber* o tipo *Sportflex*) y sobre baldosas de vinilo y amianto (tipo de superficie dura y de baja fricción). El test de cinta rodante fue una adaptación del protocolo de Balke (Pollock y col. 1976). Comenzando en 4,8 km.h<sup>-1</sup> (3 mph) y 0% de ángulo de inclinación, el ángulo de inclinación se incrementó en 2,5% cada 2 min hasta un 20%; de ahí en adelante, la velocidad se incrementó en 0,4 km.h<sup>-1</sup> (0,25 mph) cada 2 min. En cada uno de estos tests, el VO<sub>2</sub> máx. fue valorado por el método de retroextrapolación. Además para el protocolo de cinta rodante el VO<sub>2</sub> máx. fue también valorado durante el último minuto de ejercicio.

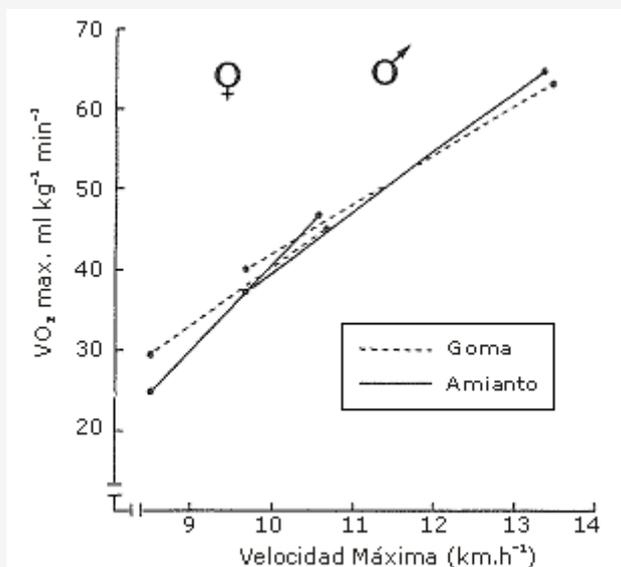
En la segunda serie de experimentos, 66 sujetos adicionales realizaron una vez el test experimental de carrera de ir y volver de 20 m, la mayoría sobre baldosas de vinilo y amianto, con la determinación del VO<sub>2</sub> máx. por el método de retroextrapolación.

Estos datos fueron combinados con el valor promedio de los 25 sujetos de la primera serie de experimentos realizados en ambos tipos de superficies. La muestra total fue así de 91 sujetos, 32 mujeres y 59 varones, cuyas características físicas son presentadas en la Tabla 1 (Grupo II).

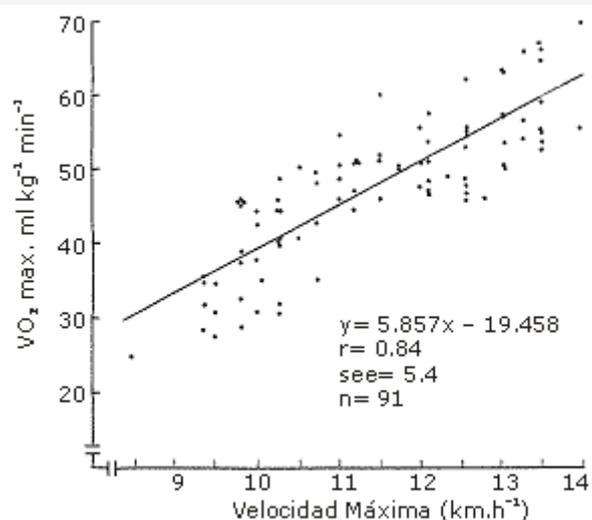
En la tercera serie de experimentos, 35 varones y 35 mujeres (Tabla 1, Grupo III) realizaron la versión final del test de carrera de ir y volver de 20 m (Tabla 2) y un test de carrera máximo de etapas múltiples en pista (Léger y Boucher 1980). Solo fueron comparados los valores estimados de VO<sub>2</sub> máx. Los tests fueron realizados en grupos de 10-25 sujetos a la vez sobre piso de goma.

## Estudio de Reproducibilidad

En la cuarta serie del experimento, 27 varones y 23 mujeres (Tabla 1, Grupo IV) realizaron dos veces la versión final del test de carrera de ir y volver de 20m (Tabla 2) con 1 semana de separación, en grupos de 10-25 sujetos a la vez sobre piso de goma.



**Figura 1.** VO<sub>2</sub> máx. en función de la velocidad máxima alcanzada en el test de carrera de ir y volver de 20 m. Comparación de las curvas de regresión obtenidas en varones (n=13) y mujeres (n=12) para tests realizadas sobre dos superficies diferentes: goma o baldosas duras de vinilo y amianto.



**Figura 2.**  $VO_2$  máx. en función de la velocidad máxima alcanzada en el test de carrera de ir y volver de 20 m para una muestra total de 91 sujetos adultos. Cada punto en esta figura representa un esfuerzo máximo.

Met de la Etapa	$VO_2$ máx. ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	Tiempo (min)	Velocidad ( $km \cdot h^{-1}$ )	Tiempo Parcial (s/20 m) <sup>b</sup>
7	24,5	2	7,51	9,693
9	31.5	4	8,70	8,276
10	35.0	6	9,30	7,744
11	38.5	8	9,90	7,276
12	42.0	10	10,49	6,862
13	45.5	12	11,09	6,492
14	49.0	14	11,69	6,160
15	52.5	16	12,29	5,860
16	56.0	18	12,88	5,589
17	59.5	20	13,48	5,341
18	63.0	22	14,08	5,114
19	66.5	24	14,68	4,906
20	70.0	26	15,27	4,714
21	73.5	28	15,87	4,537
22	77.0	30	16,47	4,372
23	80.5	32	17,07	4,219

**Tabla 2.** El test de carrera máximo de ir y volver de 20 m de etapas múltiples para la estimación de la potencia aeróbica máxima. a El protocolo se basa en la relación entre el  $VO_2$  máx. ( $y$ ,  $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) y la máxima velocidad alcanzada en las etapas múltiples de carrera de 20 m ( $x$ ,  $km \cdot h^{-1}$ ):  $y = 5,857 \cdot x - 19,458$ ;  $SEE=5,4$ ;  $r=0,84$ ;  $n=91$  adultos. b Tiempos parciales usados para grabar las señales de audio en una cinta magnética. Se necesita una apreciación de 0,01 s para discriminar los incrementos regulares de las etapas. La velocidad del sistema de repetición de la cinta también es crucial. Se recomienda un periodo de calibración estándar de 60 s de grabado y control antes de realizar el test; un error de  $\pm 1$  s sobre 60 s corresponde a un porcentaje de error de  $\pm 2,5\%$  en la estimación del  $VO_2$  máx., esto es la mitad de una etapa a un alto nivel de aptitud física (20 Met).

## RESULTADOS

### $VO_2$ máx. de Ejercicio y Retroextrapolado

Los datos de 25 sujetos que realizaron el protocolo modificado de Balke indicaron resultados similares ( $r=0,975$  y  $SEE=3,3$  mL O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) para el VO<sub>2</sub> máx. retroextrapolado ( $42,78\pm 10,76$ ) y el VO<sub>2</sub> máx. del último minuto de ejercicio ( $42,65\pm 10,03$ ).

### **Sexo y Superficie**

Los datos de la primera serie de experimentos no revelaron ninguna diferencia respecto al sexo o la superficie en las rectas de regresión par el VO<sub>2</sub> máx. en la velocidad máxima alcanzada durante el test de carrera de ir y volver de 20 m (Figura 1). La agrupación de hombres y mujeres ( $n=25$ ) reveló que la retroextrapolación del VO<sub>2</sub> máx. y de la velocidad máxima alcanzada (puntuación indirecta) fueron similares en el piso de goma ( $45,0\pm 9,5$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> y  $10,6\pm 1,1$  km.h<sup>-1</sup>) y en el piso de vinilo y amianto ( $43,8\pm 9,4$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> y  $10,6\pm 1,1$  km.h<sup>-1</sup>) y se obtuvieron coeficientes de correlación de 0,93 y 0,94.

### **Validez del Test de Carrera de Ir y Volver de 20 m para la Valoración del VO<sub>2</sub> máx.**

La segunda serie de experimentos en 91 sujetos proporcionó la siguiente ecuación de regresión para el VO<sub>2</sub> máx. (y, en mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) sobre la máxima velocidad (x, en km.h<sup>-1</sup>) alcanzada durante el test de ir y volver de 20 m:

$$y = 5,857.x - 19,458 \quad (1)$$

Con un coeficiente de correlación de 0,84 y un error estándar de estimación de 5,4 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (Figura 2). La ecuación (1) fue luego usada para construir la versión final del protocolo de 20 m, donde las etapas aumentan a razón de un Met (metabolismo de reposo= $3,5$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) por etapa.

### **El Test de Carrera de Ir y Volver de 20 m versus el Test de Caminata en Cinta Rodante con Ángulo de Inclinación**

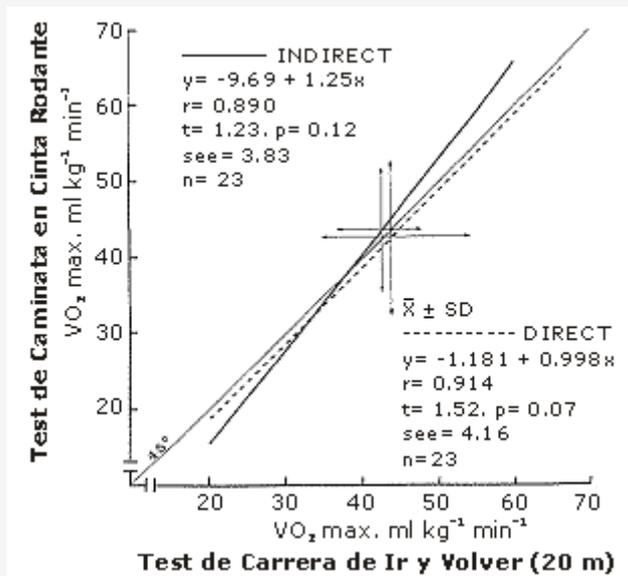
El VO<sub>2</sub> máx. valorado directamente durante la última etapa del protocolo modificado de Balke ( $42,65\pm 10,03$ ) fue similar ( $r=0,914$  y  $SEE=4,16$ ) al medido a través del método de retroextrapolación sobre el final del test de carrera de ir y volver de 20 m ( $43,9\pm 9,18$ ). Esto se aprecia en la línea de puntos en la Figura 3. Se obtuvieron resultados similares de los valores estimados o indirectos (línea completa en la Figura 3). Los valores estimados a partir de los datos de la cinta rodante ( $43,4\pm 8,22$ ), usando los estándares del ACSM (ACSP 1975) fueron similares ( $r=0,890$  y  $SEE=3,83$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) a los valores estimados a través la ecuación (1) a partir de los datos del test de carrera de ir y volver de 20 m ( $42,3\pm 5,84$ ). Los valores medios de los dos tests (directo e indirecto) no fueron estadísticamente diferentes (prueba t para datos de apareados  $p>0,05$ ), pero las pendientes de las curvas de regresión (Figura 3) indican resultados ligeramente más bajos para el test de carrera de ir y volver de 20 m sobre el promedio y resultados más altos para los resultados por debajo del promedio.

### **El Test de Carrera de Ir y Volver de 20 m versus el Test Máximo de Carrera de Etapas Múltiples en Pista**

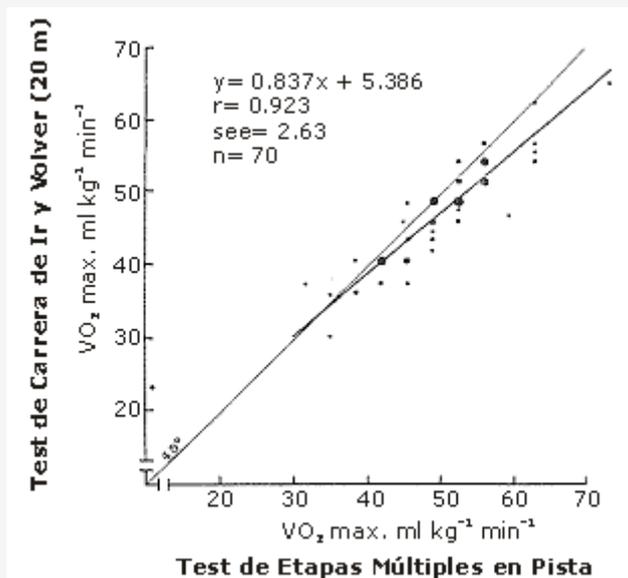
En comparación con el test máximo de carrera de etapas múltiples en pista (Léger y Boucher 1980), el test de carrera de ir y volver de 20 m proporcionó valores significativamente más bajos ( $\Delta=2,8\pm 2,9$  mL O<sub>2</sub>. kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $p<0,01$  para la prueba t para datos apareados). La correlación fue de 0,923 y el error estándar de estimación, 2,63 mL O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (Figura 4).

### **Reproducibilidad del Test de Carrera de Ir y Volver de 20 m**

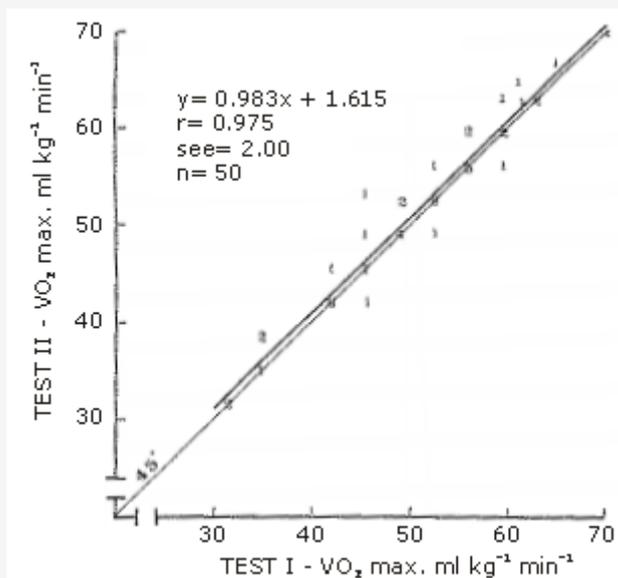
El test-re-test con una semana de diferencia (Fig. 5) indicó que el test de carrera de ir y volver de 20 m fue altamente reproducible ( $r=0,975$  y  $SEE=2,00$  mL O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). Sin embargo, el segundo ensayo proporcionó valores levemente mayores pero significativos ( $p<0,05$ ) de 0,75 mL O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (15%).



**Figura 3.**  $VO_2$  máx. en el test máximo de etapas múltiples en cinta rodante con inclinación (protocolo modificado de Balke) en función del  $VO_2$  máx. en el test de carrera de ir y volver de 20 m. Están graficados los valores directos ( $VO_2$  máx. de ejercicio o retroextrapolado) e indirectos [estimación a partir de las curvas de regresión preestablecidas de eficiencia de  $O_2$  usando los datos del ACSM (ACSM, 1975) y la ecuación (1) para cada test].



**Figura 4.**  $VO_2$  máx. indirecto en el test de carrera de ir y volver de 20 m en función del  $VO_2$  máx. estimado indirectamente a través del test máximo de carrera de etapas múltiples de campo (Léger y Boucher 1980). Los valores medios y desvíos estándar fueron  $47,4 \pm 6,8$  y  $50,1 \pm 7,5$  ( $p < 0,001$ ,  $n = 70$ ). El tamaño de los puntos de datos indica el número de sujetos ( $n = 1-6$ ) en las mismas coordenadas.



**Figura 5.** Reproducibilidad del test de carrera de ir y volver de 20 m. Los valores medios y desvíos estándar fueron  $50,30 \pm 8,93$  y  $51,05 \pm 9,00$  para el primero y segundo ensayo ( $p < 0,005$ ,  $n = 60$ ). Los números usados como coordenadas indican el número de sujetos que tienen las mismas coordenadas.

## DISCUSION

### El Método de Extrapolación

El hecho de que el  $VO_2$  máximo retroextrapolado haya sido esencialmente el mismo que el  $VO_2$  máximo de ejercicio para los 25 sujetos que hicieron el test de caminata en cinta rodante con inclinación confirma la validez del método, tal como ha sido previamente informado por Léger y col. (1980), y justifica su uso para validar el test de carrera de ir y volver de 20 m.

### Efectos del Sexo y de la Superficie

Dado que no hubo diferencias entre los sexos ni las superficies (Figura 1), un protocolo único es apropiado para el test de carrera de ir y volver de 20 m. Esto es particularmente útil teniendo en cuenta los diferentes tipos de superficies de los gimnasios. Las superficies estudiadas fueron diferentes y abarcaron una amplia gama de dureza y fricción. Es útil saber que los pisos de madera tienen casi las mismas características que las baldosas de vinilo y amianto.

Así, el tipo de superficie de la mayoría de los gimnasios no afectaría el resultado de este test. La ausencia de efecto de la superficie podría explicarse por las altas velocidades alcanzadas en el test. A  $70 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , un individuo adulto corre los 20 m del test de ir y volver a  $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  (Tabla 2). Esto no es muy rápido si se lo compara con las detenciones y aceleraciones rápidas que prevalecen en un juego de basquetbol. En efecto la mayoría de los sujetos adultos no correrán más rápido que a  $12 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  (ej.  $VO_2 \text{ máx.} = 52 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) en este test.

Test	Sexo	Edad	n	VO <sub>2</sub> máx. (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	Error Estándar de Estimación <sup>b</sup>		r <sup>b</sup>	Referencias
					(mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	(%)		
<b>Tests Individuales en Cinta Rodante</b>								
Protocolo de Balke	M	40,5	51	39,4	-	-	0,92	Pollock y col. 1976
	M+F	25	28	62,0	3,64	5,9	0,89	Léger y Boucher 1980
	M	20-53	708	37,1	4,41	11,9	0,69	Froelicher Y Lancaster 1974
Protocolo de Bruce	M+F	Adultos	295	32,7 <sup>a</sup>	3,45	10,5	0,91	Bruce y col. 1973
	M	40,5	51	40,0	-	-	0,88	Pollock y col. 1976
Protocolo de Ellestad	M	40,5	51	40,7	-	-	0,90	Pollock y col. 1976
<b>Tests de Campo Grupales</b>								
Carrera de 12 min de Cooper	M	22	115	38,1 <sup>a</sup>	3,57 <sup>a</sup>	9,4	0,90	Cooper 1968
	M	17-54	25	45	3,10	6,9	0,94	Windham y col. 1971
	M	12-16	9	-	-	-	0,90	Doolittle y Biebee 1968
	M	16	40	50,3	3,87 <sup>a</sup>	7,7	0,80	Massicotte 1972
	M	63	26	30	3,01	10,0	0,83	Sidney y Shephard 1977
	F	63	29	26	4,37	17,0	0,51	Sidney y Shephard 1977
	F	12-16	30	-	-	-	0,63	Martin 1971
Test de campo UM	M	24,4	25	61,5	2,81	4,6	0,96	Léger y Boucher 1980
Test de carrera de ir y volver	M+F	27,3	91	47,3	5,40	11,4	0,84	Presente estudio

**Tabla 3.** Validez de distintos tests máximos indirectos para estimar el VO<sub>2</sub> máx.<sup>a</sup> Calculado a partir de los datos reportados. <sup>b</sup> Aunque los índices de validez son comparables, el coeficiente de regresión podría ser diferente entre una población y la otra. Esto es particularmente cierto para sujetos de distintas edades que realizan el test de Cooper.

El hecho de que no hubo diferencias entre los sexos o las superficies explica por qué los datos de la primera serie de experimentos (n=25) fueron combinados con los datos de la segunda serie para proporcionar una muestra total de 91 sujetos para alcanzar una mayor exactitud en la curva de regresión. Fue encontrado que la velocidad máxima del test de carrera de ir y volver de 20 m podría estimar la potencia aeróbica máxima con un r de 0,84 y un error estándar de estimación de 5,4 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, lo que es igual al 11,4% de la media (Figura 1). Un análisis de la literatura (Tabla 3) para pruebas máximas indirectas indica resultados comparables en pruebas individuales en cinta rodante y para pruebas grupales de campo como el test de carrera de 12 min. Así, la principal ventaja del test de carrera de ir y volver de 20 m no es tanto su validez como el hecho de que es un test de etapas progresivas que puede ser realizado en grupo. El usuario debería saber, sin embargo, que el error individual de este test es bastante grande (10%) y los investigadores aún tienen que mejorar su exactitud o diseñar otros nuevos, más exactos. Más específicamente el presente estudio reveló que el test de carrera de ir y volver de 20 m proporcionó resultados similares a los del test convencional de cinta rodante con inclinación, si son considerados los valores de VO<sub>2</sub> máx. directos o indirectos (Figura 3).

La comparación de valores indirectos es importante porque esa es la forma en que se realizan generalmente los tests (excepto para la investigación). Por otro lado, las valoraciones directas muestran la especificidad del VO<sub>2</sub> máx.: ¿podría alcanzarse el mismo VO<sub>2</sub> máx. corriendo hacia atrás y adelante, y caminando sobre una cinta rodante con inclinación?. El presente estudio no indica mucha diferencia entre las dos formas de actividades. El test de carrera de ir y volver de 20 m ofrece las ventajas de no requerir equipamiento sofisticado y de permitir el testeado de muchos individuos al mismo tiempo.

En comparación al test de campo de carrera continua de etapas múltiples (r=0,96 y SEE=2,8, Léger y Boucher 1980), el test de carrera de ir y volver de 20 m es ligeramente menos válido (r=0,84 y SEE=5,4, Fig. 2). Esto podría ser explicado por la gran variación interindividual en la eficiencia mecánica de la carrera hacia delante y atrás. Aunque sea preferible, el test de pista requiere mejores instalaciones deportivas (una pista interior peraltada o una pista exterior con buen sistema de sonido).

Mientras que el presente estudio indicó una alta correlación entre el test de ir y volver y el test de pista (r=0,92 y SEE=2,63, Figura 4), hay una diferencia pequeña, pero significativa a favor del test de pista. Esto podría ser una diferencia real debido a la actividad más natural de correr en la pista o podría ser un sesgo de la validez debido a las diferentes

muestras de individuos. En cualquier evento, la diferencia ( $2,8 \pm 2,9 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) no es fisiológicamente muy significativa.

### Reproducibilidad del Test de Carrera de Ir y Volver de 20 m

El presente estudio reveló que el test de carrera de ir y volver de 20 m es muy reproducible ( $r=0,975$  y  $\text{SEE}=2,00 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , Fig. 5). Sin embargo, hubo resultados ligeramente mayores en el segundo ensayo. La diferencia ( $0,75 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) parece no tener demasiada importancia y podría reflejar el efecto del aprendizaje. Este fenómeno fue más obvio para las mujeres ( $p=0,008$ ,  $n=23$ ) que para los hombres ( $p=0,115$ ,  $n=27$ ). Para minimizar la contribución anaeróbica a la ejecución del test, solo se registraron las etapas completadas, lo cual explica por qué muchos sujetos tuvieron las mismas coordenadas en ambos ensayos (Figura 5). En efecto el 68% de los sujetos completaron el mismo número de etapas, el 34% hizo uno más y el 6% uno menos.

La confiabilidad del test de carrera de ir y volver de 20 m ( $r=0,975$ ) es al menos igual o aún mejor que la de otras pruebas de campo, con valores  $r$  que van desde 0,72 a 0,97 (Doolittle y Bigbee 1968; Léger y Boucher 1980; Martin 1971; Massicotte 1972), o de un test directo de etapas múltiples en cinta rodante con una  $r$  igual a 0,99 (Bruce y col., 1963). Para un test indirecto de etapas múltiples en cinta rodante, Froelicher y col. (1974) informaron una ligera mejora desde el test al re-test, pero no proporcionaron ningún coeficiente de correlación entre los tests.

Se concluye que un test máximo de carrera de ir y volver de 20 m como el descrito, con etapas que incrementan 1 Met cada 2 min, es válido y confiable para la estimación de la potencia aeróbica máxima tanto de mujeres como de hombres adultos, solos o en grupo, sobre la mayoría de las superficies de los gimnasios.

### Anexo

Un estudio reciente ha demostrado que el mismo test de carrera de ir y volver podría ser realizado con etapas de 1 min en lugar de etapas de 2 min, lo que ahorra un tiempo de administración considerable y lo hace más fácil para motivar a los sujetos, particularmente con niños escolares. La correlación entre los protocolos de 1 min y de 2 min para 142 adultos (72 mujeres) con edades de 20 a 45 años fue de 0,97 y la regresión entre los dos tests fue  $T_{1,\text{min}}=0,4+1,2 T_{2,\text{min}}$ , donde  $T$  indica el número de etapas en cada test. Se verificó la confiabilidad del protocolo de 1 min en 81 sujetos (22 mujeres): una correlación de 0,95 con menos de 0,5 etapas a favor del re-test.

Está disponible un reporte en Francés de esta investigación desde el *Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec*. Reportes preliminares de este estudio fueron presentados a la Asociación Canadiense para las Ciencias del Ejercicio, Toronto, Oct. 1980 y en el Simposio del Congreso Internacional de Fisiología, Praga, Julio 1980.

## REFERENCIAS

1. American College of Sport Medicine (1975). Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription. *Lea and Febiger, Philadelphia*
2. Bruce R. A., Kusumi F., Hosmer D (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J 85:546-562*
3. Cooper K. H (1968). A means of assessing maximal oxygen intake. *JAMA 203:201-204*
4. Davies C. T. M (1968). Limitations of the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. *J Appl Physiol 24:700-706*
5. Doolittle T. L., Bigbee R (1968). The twelve-minute run-walk: a test of cardiorespiratory fitness of adolescent boys. *Res Q Am Assoc Health Phys Educ 39:491-495*
6. Falls H. B., Humphrey L. D (1976). Energy cost of running and walking in young women. *Med Sci Sports 8:9-13*
7. Froelicher V., Lancaster M (1974). The prediction of maximal oxygen consumption from a continuous exercise treadmill protocol. *Am Heart J 87:445-450*
8. Froelicher V. F., Brammell H., Davis G., Noguera I., Stewart A., Lancaster M. C (1974). A comparison of the reproducibility and physiologic response to three maximal treadmill exercise protocols. *Chest 65:512-517*
9. Martin B. J (1971). The reliability and validity of the twelve minute runwalk test for high school girls. M.Sc. *Thesis in Physical Education, University of Idaho*
10. Massicotte D (1972). Application of a practical test to predict the maximal oxygen intake of high school boys. In: Taylor AW (ed) *Training-scientific basis and application. Thomas, Springfield, pp 76-86*
11. Pollock M. L., Bohannon R. L., Cooper K. H., Ayres J. J., Ward A., White S. R., Linnerud A. C (1976). A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. *Am Heart J 92:39-46*
12. Rowell L. B., Taylor H. L., Wang Y (1964). Limitations to prediction of maximal oxygen intake. *J Appl Physiol 19:919-927*
13. Sidney K. H., Shephard R. J (1977). Maximum and submaximum exercise tests in men and women in the seven, eight and ninth

decades of life. *J appl Physiol* 43:280-287

14. Taylor H. L., Wang Y., Rowell L., Blomqvist G (1963). The standarization and interpretation of submaximal and maximal tests of working capacity. *Pediatrics* 32:703-722
15. Wyndham C. H (1967). Submaximal tests for estimating maximum oxygen intake. *Can Med Assoc J* 96:736-745
16. Wyndham C. H., Strydom N. B., Van Graan G. H., Rensburg A. J., Rodgers G. G., Greyson J. S., Van der Walt W. H (1971). Walk or jog for health: II Estimating the maximum aerobic capacity for exercise. *S Afr Med J* 45:53-57

### **Cita Original**

Léger Luc A., J. Lambert. A Maximal Multistage 20-m Shuttle Run Test to Predict  $VO_{2\max}$ . *Eur J Appl Physiol*; 49: 1-12; 1982.