

Article

# Un Test de Campo Indirecto de Carrera Continua con Etapas Múltiples: Test de Campo de la Universidad de Montreal

Luc A Léger y Robert Boucher<sup>1</sup><sup>1</sup>Département d'éducation physique et service des sports, Université de Montréal, Montreal, Qué., Canada

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la validez y fiabilidad del Test de Campo de la Universidad de Montreal (UM-TT). El UM-TT es un test de campo indirecto máximo de carrera continua con varias etapas que se basa en el costo energético de la carrera. La primera etapa se fija en una velocidad de camin<sup>-1</sup> ata que requiere 5 Mets; a partir de allí la velocidad se incrementa 1 Met cada dos min<sup>-1</sup> utos. Para evaluar la validez del UM-TT, se estimó el  $VO_{2max}$  con el UM-TT y se midió directamente con un test de carrera con múltiples etapas en cinta rodante en 25 sujetos, de  $24,4 \text{ años} \pm 2,8$  (Media $\pm$ SD) de edad. Los promedios ( $\pm$  SD) no fueron significativamente diferentes ( $61,5 \pm 10,6$  y  $61,4 \pm 10,9 \text{ ml O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  -1 respectivamente}, y otros estadísticos fueron  $r = 0,96$ ,  $\Delta = 0,09 \pm 2,90 \text{ ml O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  -1 y  $S_{yx} = 2,81 \text{ ml O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  -1. También se midió el  $VO_{2max}$  directamente durante el UM-TT en siete varones, de  $20,6 \pm 1,0$  años de edad. La comparación entre el  $VO_{2max}$  estimado y el medido directamente arrojó resultados similares:  $70,0 \pm 4,5$  y  $70,7 \pm 6,0 \text{ ml O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  -1, respectivamente con  $r = 0,66$ ,  $\Delta = 0,67 \pm 4,53$  y  $S_{yx} = 3,71$ . La confiabilidad del UM-TT fue evaluada repitiendo la prueba dos veces en 60 sujetos (49 varones y 11 mujeres, 39 sujetos menores de 30 años y 21 sujetos mayores de 30 años y 30 sujetos por debajo y por encima de 15 Mets). Los resultados fueron los siguientes: Media $\pm$ SD =  $54,1 \pm 8,2$  y  $54,2 \pm 8,5$ ,  $r = 0,97$ ,  $\Delta = 11 \pm 1,92$  y  $S_{yx} = 1,92$ . En cada uno de los subgrupos de sujetos se observaron tendencias de confiabilidad similares. Concluimos que el UM-TT es válido y confiable para estimar el  $VO_{2max}$  en varones y mujeres jóvenes y de edad media entrenados y no entrenados.

**Palabras Clave:** Tests de  $VO_{2max}$ , tests máximos, tests de campo

## INTRODUCCION

La carrera en superficies llanas es uno de los ejercicios utilizados con mayor frecuencia para el entrenamiento aeróbico. Dado que el aumento en  $VO_{2max}$  con el entrenamiento es específico del tipo de actividad utilizada tanto para entrenar como para evaluar (Bouchard et al, 1979; Léger et al. 1979; McArdle et al. 1978) un test de carrera sería el más adecuado para medir el  $VO_{2max}$  de corredores o sujetos que trotan. Por estas y otras razones, tales como la simplicidad, el costo financiero, etc., los tests de campo que se pueden realizar en grupos son muy populares. La carrera de  $12 \text{ min}^{-1}$  (Cooper, 1968) probablemente es una de las pruebas más ampliamente utilizadas. Aunque esta prueba es válida y confiable (Cooper, 1968; Martin, 1971; Wyndham et al. 1971) también depende, de la motivación del sujeto y de su capacidad anaeróbica. Además,

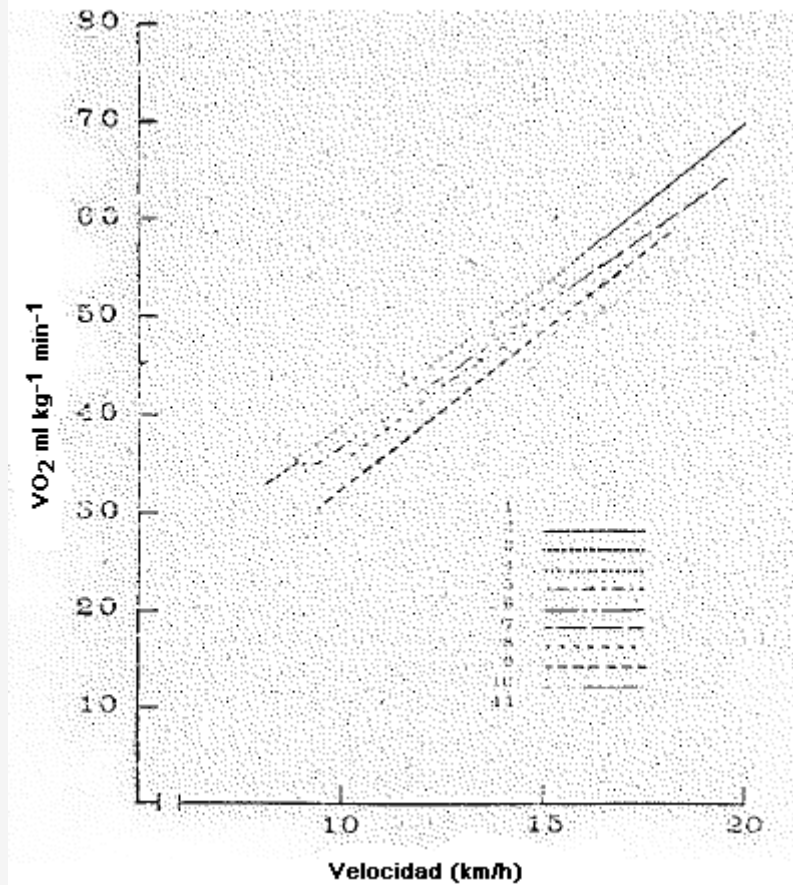
el test de 12 min<sup>-1</sup> es un esfuerzo máximo con un estrés considerable; las pruebas progresivas parecen ser algo más seguras (A.C.S.M., 1975).

El test de carrera continua con etapas múltiples que se realiza en el campo, se diseñó como alternativa al test máximo de 12 min<sup>-1</sup> utos. El test de Campo de la Universidad de Montreal (UM-TT), se ha administrado a más de 3000 adultos que asisten a las clases de aptitud física en la Universidad de Montreal durante los últimos tres años. El propósito de este artículo es presentar datos de confiabilidad y validez de este test. Concretamente, el VO<sub>2max</sub> estimado con el test UM-TT se comparó con el VO<sub>2max</sub> medido directamente en una cinta rodante utilizando el mismo protocolo (es decir carrera horizontal); además se realizó una comparación con el test de Balke estándar (i.e camin<sup>-1</sup> ata inclinada). En una segunda serie de ejercicios, se realizó una comparación con un test de carrera con pendiente realizada frecuentemente por los atletas. El paso siguiente fue evaluar el VO<sub>2max</sub> directamente en la pista. El test y re-test también fueron realizados por los diferentes grupos de sujetos para evaluar la confiabilidad de la prueba. Finalmente, el test UM-TT fue comparado con otros tests de campo populares.

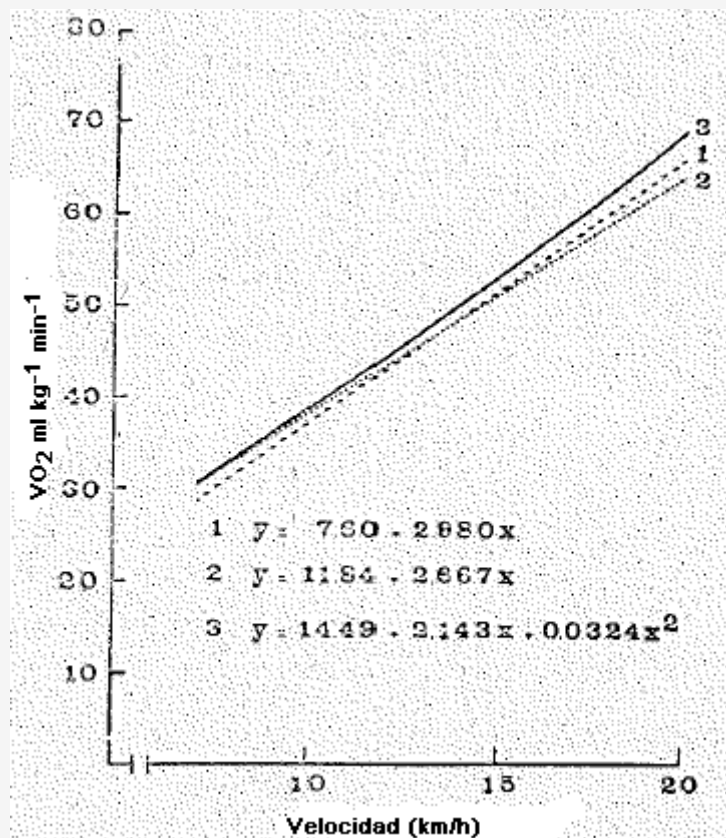
## MÉTODOS

---

El test de Campo de la Universidad de Montreal (UM-TT) es un test continuo, indirecto y máximo que se realiza en varias etapas y se basa en el costo energético de la camin<sup>-1</sup> ata (Jankowski et al 1973) y de la carrera (Shephard, 1969). Se eligió la ecuación de Shephard del costo energético de la carrera horizontal en cinta rodante debido a su posición intermedia entre otras curvas informadas (Curva 1, Figura 1). La ecuación de Shephard (Curva 1, Figura 2),  $y = 2,98x + 7,6$  donde  $y$  es el costo energético bruto de la carrera en ml O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> y  $x$  es la velocidad de carrera en km/h, debió ser modificada para el test de carrera en pista. El costo de energía se incrementó 3% para los corredores lentos (es decir, con velocidad aeróbica máxima = 10 km h<sup>-1</sup>) y disminuyó 3% para los corredores rápidos (es decir, 20 km h<sup>-1</sup>) dado que estos corredores probablemente representan a los menos y los más eficientes, respectivamente (Bransford y Howley, 1977) y debido a que Margaría et al. (1963) informaron una variación de  $\pm 3\%$  en el costo energético de la carrera. La ecuación resultante (Curva 2, Figura 2)  $y = 2,667x + 11,838$ , también fue corregida para el efecto de la resistencia del viento. Esto: se hizo con la ecuación de Pugh (Pugh, 1970) de costo energético de correr contra el aire,  $y = 0,00418 A_p x^2$  donde  $y$  es el costo energético de la resistencia aérea en L O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup>,  $A_p$  es el área proyectada en m<sup>2</sup> ( $= 0,266 \times \text{área superficial}$ , Pugh, 1970) y  $x$  es la velocidad del viento en min<sup>-1</sup>/seg. El costo energético calculado de la resistencia del aire de los sujetos de Pugh (peso promedio de 61,3 kg) se agregó al costo energético de la carrera en cinta rodante horizontal, (ecuación 2) lo que dio origen a la siguiente ecuación (Curva 3, Figura 2),  $y = 0,0324x^2 + 2,143x + 14,49$  o el costo de energía bruto de la carrera en pista. La ecuación 4 se utilizó para construir el protocolo del Test UM-TT (Tabla 1).



**Figura 1.** Costo energético bruto de la carrera en cinta rodante horizontal. Construido a partir de la Tabla 2. 1: Shephard, 1969 y Pugh, 1970; 2: Margaría et al. 1963; 3: McMiken y Daniels, 1976; 4: Balke, 1963; 5: Astrand, 1952 (varones y mujeres); 6: Falls y Humphrey, 1976 (mujeres); 7: Menier y Pugh, 1970; 8: ACSM, 1975; 9: Mayhew, 1977; 10: Costill et al., 1953 (corredores de resistencia y maratón); 11: Bransford y Howley, 1977 (varones y mujeres entrenados y desentrenados).



**Figura 2.** Costo energético bruto de la carrera en pista (Curva 3). El costo energético bruto de la carrera horizontal en cinta rodante (Curva 1, Shephard, 1969) se ajustó según los corredores buenos y malos agregando y sustrayendo 3% a 10 y 20 km/h respectivamente (Curva 2) y fue corregido para la resistencia del viento (Curva 3) siguiendo la metodología descrita por Pugh (1970).

Etapa <sup>2</sup>	VO <sub>2</sub> ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup>	Tiempo min	Velocidad km h <sup>-1</sup>	Tiempos Parciales		
				Seg/166,7m	Seg/200m	Min/1km
<b>Caminata</b>						
5	17,5	2	6,00	100,00	120,00	10:00
7	24,5	4	7,10	84,51	101,41	8:27
<b>Carrera</b>						
9	31,5	6	7,16	83,80	100,55	8:22
10	35,0	8	8,48	70,75	84,90	7:04
11	38,5	10	9,76	61,47	73,76	6:08
12	42,0	12	11,00	54,53	65,43	5:27
13	45,5	14	12,21	49,13	58,96	4:54
14	49,0	16	13,39	44,81	53,77	4:29
15	52,5	18	14,54	41,27	49,53	4:07
16	56,0	20	15,66	38,32	45,98	3:50
17	59,5	22	16,75	35,81	42,98	3:55
18	63,0	24	17,83	33,66	40,39	3:22
19	66,5	26	18,88	31,79	38,14	3:10
20	70,0	28	19,91	30,14	36,17	3:01
21	73,5	30	20,91	28,69	34,43	2:52
22	77,0	32	21,91	27,39	32,87	2:44
23	80,5	34	22,88	26,22	31,47	2:37

**Tabla 1.** Test de pista de la Universidad de Montreal (UM-TT). <sup>2</sup>Los números de las etapas se presentan en forma de equivalentes

*Met; para cada etapa, el costo energético bruto (VO<sub>2</sub>), el tiempo acumulado (TIME), la velocidad o los tiempos fraccionarios correspondientes también se proporcionan para fines de evaluación o de entrenamiento.*

El Test UM-TT se realizó en una pista cubierta de 66,7 m con las curvas inclinadas. Se colocaron pilones rojos en cada cuarto de la pista. Se fijó el ritmo de los sujetos con señales sonoras emitidas en frecuencias específicas utilizando una cinta grabada previamente. Como se observa en la Tabla 1, la velocidad de las múltiples etapas se fijó inicialmente en 5 Mets (es decir 6 km·h<sup>-1</sup>); después de esto, la velocidad se incrementó 1 Met por etapa de 2 min<sup>-1</sup> utos de duración. Se solicitó a los sujetos que completaran tantas etapas como pudieran. El tiempo se anunciaba cada medio min<sup>-1</sup> uto en la etapa de dos min<sup>-1</sup> utos, para ayudar al sujeto a decidir si debía o no intentar completarla. El test finalizaba cuando el sujeto se encontraba por lo menos 30 pies por detrás del pilón rojo adecuado en el momento en que se emitía la señal o en el momento en que no pudiera completar la etapa.

Se realizaron cinco series de ejercicios para verificar la validez y la confiabilidad del test UM-TT.

Referencia	n	Sexo	Estado de entrenamiento <sup>1</sup>	M <sup>3</sup>	b <sup>3</sup>
ACSM, 1975	?	?	?	3,0625	5,25
Astrand, 1952	10	F		2,61	10,2
	9	M		2,93	9,33
Balke 1963	5	M		2,86	10,2
Bransford, 1977	10	F	ÜT	2,517	10,942
	10	F	T	3,033	3,511
	10	M	UT	3,40	-0,510
	10	M	T	3,383	-3,562
Costill, 1973	16	M	T <sup>2</sup>	4,20	-15,54
	6	M	T <sup>2</sup>	3,4	-5,24
Falls, 1976-	7	F	U	2,92	8,66
Margaria, 1963	2	M	T	3,33	3,5
Mayhew, 1977	9	M	T	3,318	-0,82
McMiken, 1976	8	M	T	2,867	5,363
Menier, 1970	4	M	T	2,95	7,0
Pugh, 1970	4	M	T	2,979	7,545
Shephard, 1969	14	M	U	2,98	7,6

**Tabla 2.** Ecuaciones de regresión para el costo bruto de energía de la carrera en cinta rodante en posición horizontal.

UT= Desentrenados; T: Entrenados. 2Corredores de resistencia (n = 16) y corredores de maratón (n = 6). 3  $y = mx + b$  donde  $y = VO_2$  expresado en ml·min<sup>-1</sup> y  $x =$  velocidad en km/h.

## Ejercicio 1

El VO<sub>2max</sub> estimado por el test UM-TT se comparó con el VO<sub>2max</sub> medido directamente mediante el UM-TT realizado en cinta rodante y con un test de Balke modificado. El test de Balke modificado comenzó con una pendiente de 0% y una velocidad de 4,8 km/h (3 mph) y la pendiente se incrementó 2,5% cada dos min<sup>-1</sup> utos hasta alcanzar el 20% y allí se mantuvo, mientras que la velocidad se incrementó 0,4 km/h (0,25 mph) cada dos min<sup>-1</sup> utos. Los participantes, 6 varones desentrenados y 9 varones entrenados tenían una edad de 35,2±3,7 y 22,0±3,8 (Media±SD) años respectivamente. La frecuencia cardíaca se registró durante los últimos 15s de cada etapa tanto en el test de pista (telemetría) como en el test en cinta rodante. El VO<sub>2</sub> para el test en cinta rodante, se analizó por la técnica del circuito abierto. El O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> fueron analizados mediante un analizador de CO<sub>2</sub> infrarrojo y un analizador de O<sub>2</sub> paramagnético, calibrados frecuentemente con gases de concentración conocida (técnica micro-Schölländer). El aire expirado se recolectó cada min<sup>-1</sup> uto en globos meteorológicos. El volumen de aire se determinó mediante un gasómetro Tissot.

## Ejercicio 2

Para determinar si la carrera horizontal y la carrera con pendiente producían el mismo  $VO_{2max}$ , diez participantes adicionales de  $20 \pm 1,4$  años, entre los que se incluía una mujer, realizaron el UM-TT y un test de carrera con pendiente en la cual la cinta rodante se fijó inicialmente en 11,3 km/h (7 mph) y 0% de pendiente y luego la pendiente se incrementó 2,5% cada dos minutos hasta 12,5% después de lo cual la velocidad se incrementó 1,6 km/h (1 mph) cada dos minutos.

### Ejercicio 3

Siete varones de  $20,6 \pm 0,98$  años, realizaron el test UM-TT y el  $VO_{2max}$  estimado fue comparado con el  $VO_{2max}$  medido por el método de extrapolación retrógrada utilizando la curva de recuperación de  $O_2$  (Léger et al., 1980).

### Ejercicio 4

Sesenta adultos de 19 a 40 años, de los cuales 11 eran mujeres, realizaron el test UM-TT dos veces dentro de un período de 10 días y con por lo menos dos días de descanso entre ellos. Los tests y re-test fueron realizados simultáneamente en grupos de 5-10 sujetos.

### Ejercicio 5

Veinticinco estudiantes de educación física, varones y mujeres, realizaron la siguiente evaluación a razón de un test por semana en este orden: Test UM-TT, test de ciclismo de Astrand Ryhmin<sup>-1</sup>g (Astrand y Ryhmin<sup>-1</sup>g, 1954), test hogareño de aptitud física canadiense (*Canadian Home Fitness Test*) modificado por Jetté et al. (1976) y el test de carrera de 12 min<sup>-1</sup> (Cooper, 1968).

## RESULTADOS

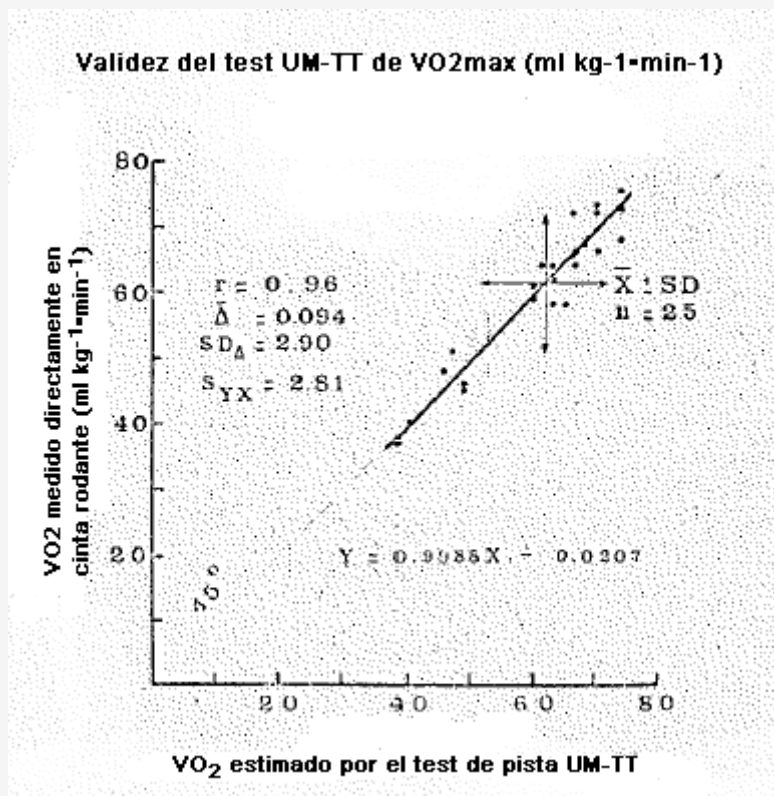
---

### Ejercicio 1

La primer serie de ejercicios reveló que el  $VO_{2max}$  estimado por el test UM-TT y la medición directa del  $VO_{2max}$  con el protocolo UM realizado en la cinta rodante fueron similares con valores de  $44,9 \pm 4,5$  y  $44,4 \pm 5,0$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> respectivamente en los sujetos desentrenados. Lo mismo se observó en sujetos entrenados ( $64,0 \pm 3,5$  y  $64,7 \pm 5,0$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>). El protocolo de Balke arrojó valores más altos ( $67,6 \pm 5,13$ ) que el protocolo de UM realizado en cinta rodante (test t de muestras apareadas) en sujetos entrenados pero no en los sujetos desentrenados ( $42,4 \pm 4,2$ ).

### Ejercicio 2

De manera contraria al test de caminata con pendiente elevada de Balke, el  $VO_{2max}$  medido directamente con el test de carrera con pendiente (12,5%) y el  $VO_{2max}$  estimado con el test UM-TT fueron similares ( $68,0 \pm 5,7$  y  $68,8 \pm 4,3$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> respectivamente). Cuando estos resultados se combinaron con los encontrados en la primera serie de ejercicios (N = 25 en total), el  $VO_{2max}$  medido directamente con los tests de carrera realizados en cinta rodante y el  $VO_{2max}$  estimado con el test UM-TT fueron similares ( $61,4 \pm 10,9$  y  $61,5 \pm 10,6$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> respectivamente) con un r de 0,96, un  $\Delta$  de  $0,094 \pm 2,90$  ml  $O_2$  kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> y  $S_{yx}$  de  $2,81$  ml· $O_2$  kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. (Figura 3) donde r es el coeficiente de correlación de Pearson,  $\Delta$  la diferencia entre los dos valores y  $S_{yx}$  el error estándar de la estimación.



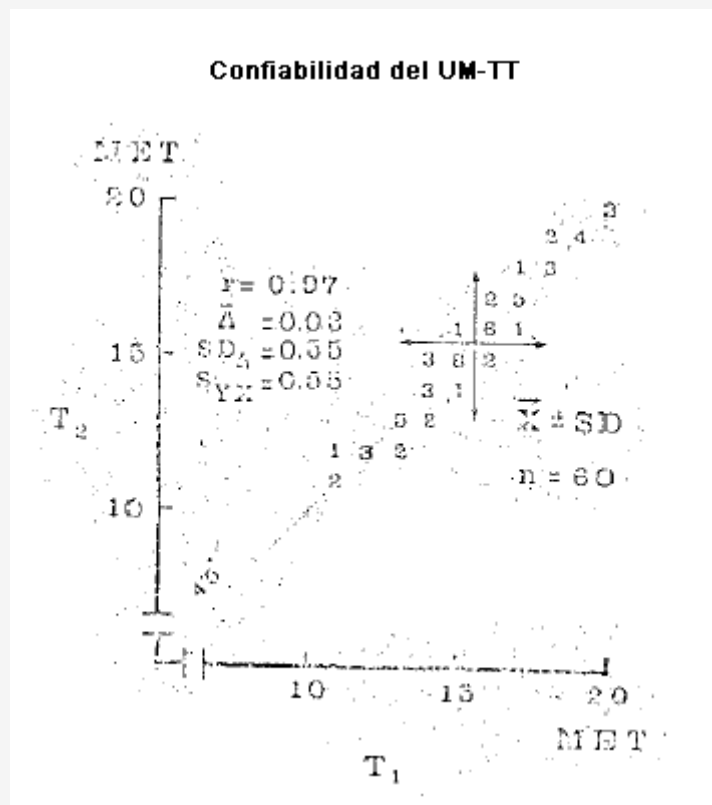
**Figura 3.** Correlación entre el VO<sub>2max</sub> estimado con el test UM-TT y el VO<sub>2max</sub> medido directamente en la cinta rodante (carrera inclinada u horizontal).

### Ejercicio 3

El VO<sub>2max</sub> determin<sup>1</sup>ado con el método de extrapolación retrógrada después de que el test UM-TT fuera realizado en la pista y los valores estimados fueron similares (70,7±6,0 y 70,0±4,5 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) con un r de 0,66, un Δ de 0,67±4,53 ml·de O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> y un S<sub>yx</sub> de 3,71 ml·de O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>.

### Ejercicio 4

El VO<sub>2max</sub> estimado por el test UM-TT realizado dos veces en 60 sujetos fue similar (15,45 ± 2,33 y 15,48±2,43 Mets) con un r de 0,97, un Δ de 0,03±0,55 Mets y un S<sub>yx</sub> de 0,55 Mets. Se obtuvieron resultados similares si los sujetos se encontraban por encima o por debajo de 15 Mets (Figura 4). Cuando los 60 sujetos fueron divididos en dos grupos en función de si tenían menos o más de 30 años, los resultados fueron nuevamente similares para el test y re-test en ambos grupos (22,7±7,1 años: N = 39, test 1 = 16,13±2,20 y test 2 = 16,26±2,27 mets; r = 0,97 y 33,8 ±3,0 años: N = 21, test 1 = 14,19±2,06 y test 2 = 14,05±2,06, r = 0,97). También se observaron tendencias similares en ambos sexos (varones: N =49, test 1 = 16,06 ± 2,11 y test 2 = 16,12±2,17, r = 0,97 y mujeres: N = 11, test 1 = 12,73±0,90 y test 2 = 12,64±1,12, r = 0,88).

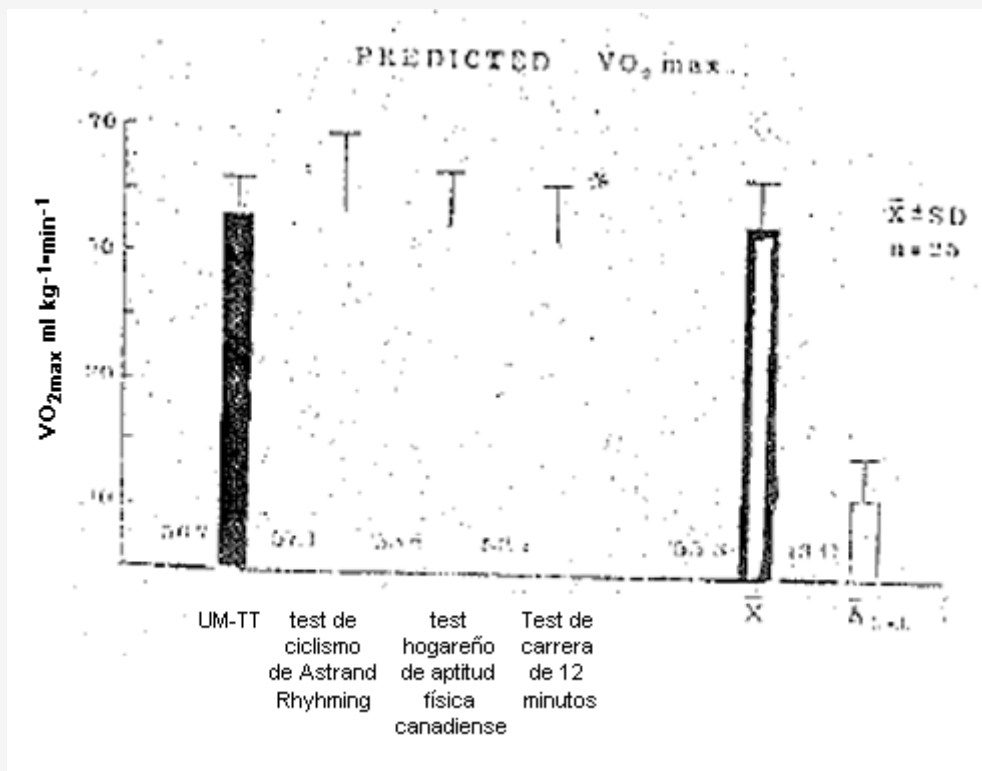


**Figura 4.** Correlación Test-retest para el test UM-TT en sujetos entrenados y desentrenados.

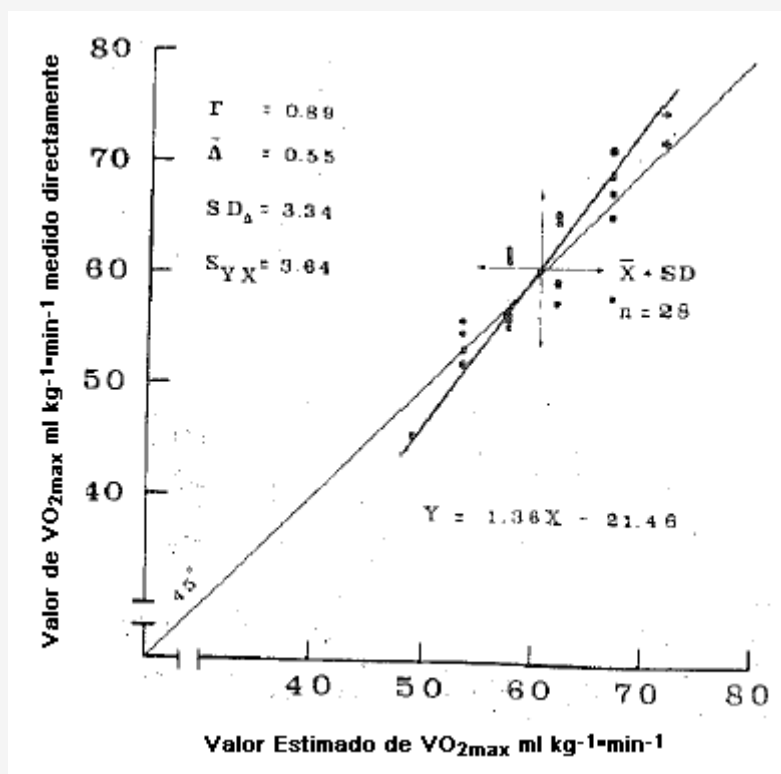
### Ejercicio 5

En la quinta serie de ejercicios (Figura 5), el  $VO_{2max}$  estimado fue similar en el test UM-TT, el test de ciclismo de Astrand-Ryhmin<sup>-1</sup> g y el test de aptitud física Canadian Home, pero ligeramente menor en el test de carrera de 12 min<sup>-1</sup> ( $56,7 \pm 5,3$ ,  $57,1 \pm 12,0$ ,  $55,4 \pm 8,4$  y  $51,1 \pm 8,6$  respectivamente). La diferencia entre el valor más alto y más bajo de los cuatro tests fue  $13 \pm 6,7$  ml de  $O_2$   $kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . El promedio obtenido entre los cuatro tests fue  $55,8 \pm 7,1$  ml de  $O_2$   $kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Los coeficientes de correlación, con el test UM-TT fueron 0,71 (Astrand-Ryhmin<sup>-1</sup> g), 0,40 (CHFT) y 0,84 (carrera de 12-min<sup>-1</sup>).





**Figura 5.** Comparación entre el  $VO_{2max}$  estimado por el test UM-TT, test de ciclismo de Astrand-Ryhmin<sup>-1</sup> g, test hogareño de aptitud física y el test de carrera de 12 min<sup>-1</sup> (\*p < 0,05).



**Figura 6.** Correlación entre el  $VO_{2max}$  estimado (ACSM, 1975) y el directo alcanzado durante un test de carrera máxima con múltiples etapas en cinta rodante inclinada.

## DISCUSIÓN

### Validez del UM-TT

La estimación del  $VO_{2max}$  con los tests indirectos máximos con varias etapas se basa en el costo energético de cada etapa. La limitación y la exactitud de la estimación dependen de la variación que existe entre los individuos en el costo energético de las etapas del test. La magnitud de las variaciones no es la misma para todas las actividades (ej. carrera vs. natación). No se sabe si la magnitud de la variación es similar para carrera o camin<sup>1</sup>ata en cinta rodante inclinada, o en cinta rodante horizontal o para la carrera en pista. Con un coeficiente de correlación de 0,96 y un error estándar de la estimación de 2,81 ml de  $O_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1$  (4,5%) entre el  $VO_{2max}$  estimado con el test UM-TT y el  $VO_{2max}$  medido directamente con un test de carrera con múltiples etapas en cinta rodante (Figura 3), la variabilidad entre- individuos del test UM-TT no es grande. Una comparación similar entre el  $VO_{2max}$  estimado y el medido directamente mediante un test de carrera en cinta rodante inclinada (Figura 6), reveló una variabilidad ligeramente grande ( $r = 0,89$  y  $S_{yx} = 3,64 \text{ ml de } O_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1$  (5,9%), datos no publicados). La carrera horizontal en una pista podría ser simplemente una metodología más familiar de ejercicio que la carrera o camin<sup>1</sup>ata en cinta rodante inclinada. Sin embargo, esto debe ser verificado con mayor rigurosidad. En cualquier caso, los datos de este estudio son satisfactorios y consistentes con los informados en la literatura (Tabla 3).

Referencia	Intensidad <sup>1</sup>	SD <sup>2</sup>	r <sup>3</sup>	Syx <sup>4</sup>	Notas*
<b>Carrera en cinta rodante horizontal</b>					
Bransford '77	SM		>0,8, >0,97 <sup>5</sup>	1,4-2,1	n = 4x10, T&U, M&F.A = 20
Costill '73	SM		0,96	2,5 <sup>5</sup>	n = 16, T, M, A = 35
Costill '73	SM	;	0,95		n = 6, M, corredores de maratón
Falls'76	SM		0,94-0,97 <sup>5</sup>	(3,4-5,4%) <sup>5</sup>	n = 7, T & U; F, A = 20
Margaría '63	SM	(3%)			
Mayhew '77	SM		0,917	3,5	n = 9, T, M, A = 25
Shephard '69	SM	(7,7-12,8%)			n = 14, U, M, A = 26
<b>Combinación entre carrera en cinta rodante horizontal y carrera en pista</b>					
McMiken '76	SM		0,91	2,7	n = 8, T, M, A = 19,5
<b>Carrera en pista horizontal</b>					
Este estudio	M		0,96	2,8	n = 25, T&U, M, A = 24,4
<b>Caminata o carrera en cinta rodante inclinada</b>					
Bruce '73	SM		0,93		n = ?, U, M & F, Adultos, Test de Bruce
Bruce'73	M		0,91	3,45	n = 295M + 157F, U, A, Test de Bruce
Falls'76	SM		0,86-0,92 <sup>5</sup>		n = 7, T&U,F, A = 20, 5%
Froelicher '74	SM	2,0-2,5	0,74	3,92	n = 317, U, M-, A = 37, Balke Test
Froelicher '74	M	4,2-4,3	0,69	4,41	n = 708, U, M, A = 32, Test de Balke
Pollock '77	M		0,88-0,92		n = 51, U, M, A = 35-55 Test de Bruce y tests de Ellestad y Balke
Este estudio	M		0,89	3,64	N = 28, T&U, M, A = 25, 12,5%

**Tabla 3.** Variación en el consumo de oxígeno de la carrera o camin<sup>1</sup>ata como una función de velocidad y/o pendiente. 1Regresión calculada a partir de cargas submáximas o de cargas máximas. 2 Desviación estándar,  $\text{ml } O_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1$  (o % de X). 3Coeficiente de correlación y el error estándar de la estimación, en  $\text{ml } O_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1$  (o % de X). 4Notas, T=Entrenado; U= Desentrenado, M= Varón; F= Mujer, A= Edad; %:= pendiente de la cinta rodante. 5Calculado en un solo individuo.

Tal como se estableció previamente, es muy importante evaluar la variabilidad inter-individual para estimar el  $VO_{2max}$  con un test indirecto máximo. En este sentido, también es fundamental la manera en que se calculan r y  $S_{yx}$ . Por ejemplo, utilizar una curva de regresión calculada a partir de datos submáximos para evaluar el  $VO_{2max}$  podría arrojar una

estimación errónea. Podría esperarse que parte de la última etapa completada de un test con muchas etapas se haya realizado en un estado anaeróbico, siendo el gasto aeróbico verdadero (es decir  $VO_{2max}$ ) más bajo que el estimado. Hasta donde sabemos, esto nunca ha sido investigado rigurosamente. Sin embargo hay indicaciones que apoyan esta hipótesis. Por ejemplo, como fue informado por Bruce et al (1973), la ecuación de regresión basada solamente en los datos máximos ( $y = 3,288x + 4,07$ , donde  $y$  es el  $VO_{2max}$  estimado y  $x$  el tiempo de resistencia para el test de Bruce) produce un  $VO_{2max}$  menor que el obtenido con la ecuación de regresión basada en sus datos submáximos ( $y = 2,94x + 8,33$ ), además, la variabilidad inter-individual parece ser más grande para los datos máximos que para los datos submáximos (Tabla 3). Ésta es la razón por la cual los estadísticos de este estudio ( $r$ ,  $\Delta$  y  $S_{yx}$ ) se calcularon con valores enteros o discretos del rendimiento del test (es decir... 10, 11, 12 Mets o... 8, 10, 12  $min^{-1}$  utos de duración). La Tabla 3 indica que el test UM-TT no sólo se compara favorablemente con estudios basados en datos continuos, si no que también, se comparó favorablemente con los test de carrera o camin<sup>1</sup>ata en cinta rodante inclinada basados exclusivamente en datos máximos. Tal como se puede observar en esta tabla los datos presentados por Froelicher y Lancaster (1974) plantearon algunas dudas sobre la validez de los tests indirectos máximos para estimar el  $VO_{2max}$  pero sus resultados no pudieron ser confirmados ni por el estudio presente, ni por otros estudios (Bruce et al. 1973 y Pollock et al., 1976).

En el estudio presente,  $r$  y  $S_{yx}$  fueron calculados entre el costo de energía estimado de la última etapa completada y la medición directa de  $VO_{2max}$ , en lugar de usar el tiempo de duración del test como se hizo en otros estudios (Tabla 3); esto no afecta los resultados en lo que respecta a la exactitud de la predicción del test. Sin embargo, la ecuación de regresión tendría que ser usada para corregir el  $VO_{2max}$  estimado a menos que la ecuación original (es decir la ecuación 4 del estudio presente para carrera horizontal o el costo de  $O_2$  de A.C.S.M. (1975) para la carrera en cinta rodante inclinada) sea suficientemente precisa. Éste sería el caso cuando la ecuación de regresión entre el  $VO_{2max}$  estimado y el  $VO_{2max}$  medido directamente arroje una pendiente cercana a 1 y una ordenada al origen cercana a 0. Esto se cumplió en el test UM-TT, lo que indica que la ecuación 4 puede ser utilizada para estimar el  $VO_{2max}$  sin ninguna corrección (Figura 3). Sin embargo el  $VO_{2max}$  estimado con los datos de A.C.S.M. (1975) para los test de carreras en cinta rodante no fue tan preciso (Figura 6).

Cuando el  $VO_2$  se determinó con el método de extrapolación retrógrada y se comparó con el valor estimado del test UM-TT (Ejercicio 3), los promedios fueron similares pero el  $r$  fue menor (0,66). Esto no es inesperado en un grupo pequeño ( $N = 7$ ) de sujetos muy homogéneos ( $70,7 \pm 6,0$  ml de  $O_2$   $kg^{-1} min^{-1}$ ).

La validez de un test no solo está relacionada a la propia medida si no que también con los objetivos del proceso de evaluación. En este sentido, utilizar el Test UM-TT para prescribir una carga de entrenamiento de carrera es ventajoso, dado que la misma actividad se usa tanto para la evaluación y el entrenamiento con la misma eficiencia mecánica para cada individuo. De hecho, las cargas de entrenamiento actualmente son prescritas satisfactoriamente a partir de la velocidad máxima de carrera utilizando el protocolo UM-TT (Tabla 1). La carrera en superficies llanas no puede ser tan fácilmente prescrita a partir de un test de camin<sup>1</sup>ata o carrera en superficie inclinada, así sea un test directo o indirecto.

La prescripción basada en la respuesta de la frecuencia cardíaca puede también carecer de cierta exactitud ya que la frecuencia cardíaca máxima no es necesariamente la misma en la pista y en la cinta rodante donde podrían prevalecer diferentes condiciones ambientales. Por ejemplo, las frecuencias cardíacas máximas de los 9 sujetos entrenados de la primera serie de ejercicios fueron  $201,1 \pm 7,2$ ,  $198,4 \pm 5,9$ ,  $192,3 \pm 5,4$  y  $193,4 \pm 6,9$  para el test UM-TT, primero y segundo ejercicios en la pista, tercer ejercicio en la cinta rodante y test de Balke respectivamente. Las frecuencias cardíacas máximas en la pista fueron significativamente más altas que las determinadas en el laboratorio ( $p < 0,05$ ).

Los tests en cinta rodante inclinada también podrían producir  $VO_{2max}$  más altos que los producidos en la posición horizontal. (Ejercicio 1). Sólo los sujetos entrenados que camin<sup>1</sup>aron en pendientes elevadas durante un tiempo más largo alcanzaron un  $VO_{2max}$  más alto con el test de Balke. Por lo menos, para estos sujetos el test de Balke habría sobrestimado su capacidad de correr horizontalmente. Sin embargo la diferencia no es grande y el número restringido de sujetos hace que debamos ser cuidadosos. El  $VO_{2max}$  más alto con los tests en superficies inclinadas coincide con estudios originales de Taylor et al. (1955) y Herrriansen y Saltin (1969) pero se contradice con informes más recientes de Kasch et al. (1976), Hroelicher et al. (1974), McMiken y Daniels (1976) y Stamford (1975) quienes no informaron ninguna diferencia o incluso obtuvieron valores menores de  $VO_{2max}$  con pendientes más altas. Sin embargo, en algunos de los últimos estudios, la pendiente máxima no era mayor al 10%, la cual es más cómoda que la pendiente de 20% frecuentemente utilizada en el test de Balke. Esto sería consistente con la ausencia de diferencias entre la prueba de carrera con pendiente baja y el test UM-TT (Ejercicio 2). Por otro lado, McArdle et al. (1973) y Pollock et al. (1977) han informado valores de  $VO_2$  más bajos para el test de camin<sup>1</sup>ata de Balke con elevada pendiente en comparación con los obtenidos en los tests de carrera con pendiente baja. Se especula que la pendiente alta podría a veces producir fatiga local en los músculos de las pantorrillas y en los músculos de la zona lumbar y hacer que el sujeto se detenga antes de alcanzar su  $VO_{2max}$ , y algunas veces provoque un mayor  $VO_{2max}$  en sujetos motivados que trabajan más tiempo con masa muscular adicional. Obviamente, esto es irrelevante en el caso de evaluaciones y entrenamiento en superficie horizontal.

Otro, problema asociado con los tests máximos e indirectos con múltiples etapas es la asunción que el  $VO_{2max}$  se alcanza en la última etapa. Aunque se ha informado que el  $VO_2$  no sólo alcanza una meseta, si no que a veces disminuye a medida que la carga se incrementa en las últimas etapas de los test con múltiples etapas (Astrand y Saltin, 1961; Bruce, 1974; Froelicher et al. 1974; Taylor et al. 1963), esto se produce principalmente en los tests con múltiples etapas discontinuos y es muy poco frecuente en los continuos (Froelicher et al. 1974; Taylor et al. 1963). El efecto reductor es pequeño (3-5%) y sólo ocasional en los tests continuos (Bruce, 1974).

Los datos recolectados en este estudio fueron obtenidos principalmente en varones adultos. Si los principales objetivos del test son medir la capacidad funcional o prescribir cargas de carrera, el test UM-TT también podría ser ejecutado por mujeres y niños, dado que la carrera en superficies llanas se usa tanto para evaluaciones como para entrenamientos. Si el  $VO_{2max}$  es el enfoque principal del test, el  $VO_2$  estimado debería aumentar al menos 2% por cada año de edad por debajo de los 18 años en niños y niñas (Astrand, 1952 y Daniels et al. 1978). No está claro si debe realizarse una corrección por sexo; Bransford y Howley (1977) reportaron una menor eficiencia mecánica en las mujeres, pero datos obtenidos por Astrand (1952), Falls y Humphrey (1976) y Bruce et al. (1973) revelaron una eficiencia mecánica similar o aun mayor (observar también la Figura 1).

### **Confiabilidad del UM-TT**

Este estudio reveló que el test UM-TT es muy confiable (Figura 4) para sujetos entrenados y desentrenados (35-52,5 y 56-70 ml  $O_2$   $kg^{-1} min^{-1}$ ), para adultos jóvenes y de mediana edad (20-30 y 30-40 años) y para varones y mujeres adultos. La naturaleza discreta de la prueba reveló que 9 y 4 sujetos de 60 tenían un valor más alto y más bajo respectivamente de 1 Met en el segundo test. Ninguno de los sujetos tenía una diferencia mayor a 1 Met. El coeficiente de correlación de 0,97 y el  $SD\Delta$  y  $S_{yx}$  de 0,55 Mets o 1,92 ml  $O_2$   $kg^{-1} min^{-1}$ , (Figura 4) fueron muy similares a los valores informados por Bruce et al. (1973) en sus test en cinta rodante inclinada con múltiples etapas ( $r = 0,99$ ,  $S_{yx}$  1,9 ml  $O_2$   $kg^{-1} min^{-1}$ ). El test UM-TT también sería tan confiable como el test de carrera de 12  $min^{-1}$  que arrojó un valor de  $r = 0,98$  para varones de escuela secundaria (Bigbee y Doolittle, informado en Cooper, 1968) y un valor de  $r = 0,72$  para niñas de escuela secundaria (Martin, 1971).

### **Comparación con Otros Test de Campo**

El valor medio del  $VO_{2max}$  estimado con el test UM-TT fue similar al obtenido con otras pruebas normalmente usadas como el test de ciclismo submáximo de Astrand-Ryhming, la Prueba Hogareña de Aptitud Física Canadiense y el test de carrera de 12  $min^{-1}$ , pero la desviación estándar (SD) fue mas amplia en las últimas pruebas, lo que indica una variación intra-individual mayor en estas pruebas. De hecho, la variación intra-individual entre los valores más bajos y más altos, plantea cierta duda sobre la exactitud de algunas de estas pruebas cuando se utilizan con individuos (Figura 5).

### **Administración del UM-TT**

Aunque el test UM-TT es progresivo, es una prueba máxima y el aspecto sobre la seguridad es importante pero no debe ser sobreestimado. El test UM-TT se administró a más de 3000 adultos que asistían a las clases de aptitud física de la Universidad de Montreal y no se informó ningún problema mayor o secundario. Todos los sujetos completaron una encuesta médica y aquellos que poseían una encuesta positiva y/o aquellos sujetos que eran sedentarios y tenían mas de 35 años, debieron pasar un reconocimiento médico y todos los participantes entrenaron durante dos semanas antes de la prueba.

Debido a la magnitud de la velocidad máxima alcanzada por la mayoría de los sujetos en su etapa final del test UM-TT, la prueba no puede ser realizada en pistas o perímetros inferiores a 200 metros a menos que estos tengan curvas con la inclinación adecuada. Se recomienda que los marcadores de paso se coloquen a una distancia de 50 metros o menos para que seguir el paso sea más sencillo.

### **Conclusión**

Se concluye que el test UM-TT es exacto, válido, confiable y seguro para jóvenes y adultos de mediana edad, varones y mujeres, entrenados o no.

## REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine. (1975). Guidelines for Graded Exercise Testing and Exercise Prescription. *Philadelphia: Lea and Febiger*.
2. Asirand, P-O. (1952). Experimental studies of physical working capacity In relation to sex and age. *Copenhagen, Ejnar Munksgaard*
3. Astrand, P-O. and Ryhming, L., (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity.
4. Astrand, P-O., and Salcin, B., (1961). Oxygen uptake during the first minutes of heavy muscular exercise. *J. Appl. Physiol. 16: 971-976*
5. Balke, B., (1963). A simple field test for the assessment of physical fitness. *Publication no. 6.3-6, Civil. Aeromedical Research Institute, Oklahoma*
6. Bouchard, C.Godbout, P. Mond.or, J-C, and Leblanc, J., (1979). Specificity of maximal aerobic power, *Eur. J. Appl. Physiol. 40: 85-93*
7. Bransford, D.R., and Howley, E, G., (1977). Oxygen cost of running in trained and untrained men and women, *Med. Sci. Sports 9: 1: 41-44*
8. Bruce, R.A., Kusumi and Hosmer. D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am. Heart J. 85: 4: 546-562*
9. Bruce. R. A, (1974). Methods of exercise testing. *Am. J. Cardiol. 33: 715-720*
10. Coper, K. H, (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. *J. Am Heart Ass. 203: 135-138*
11. Costill, D. L., Thomason, H. and Roberts, E., (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running, *Med. Sci. Sports 5: 4: -252*
12. Daniels, J. Oldridge, N., Nagle, F., and White; B., (1978). Differences and changes in VO<sub>2</sub>, among young runners 10 to 18 years of age. *Med. Sci. Sport 10: 3: 200-203*
13. Falls, H. B., and Humphrey, L. D., (1976). Energy cost of running and walking in young women. *Med. & Sci. In Sports 8: 1: 9-13*
14. Fardy.P.S. and Hellerstein, H. K., (1978). A comparison of continuous and intermittent progressive multistage exercise testing. *Med. ScI. Sports 10:1 7-12*
15. Froelicher, V. and Lancaster, M. (1974). The prediction of maximal oxygen consumption from a continuous exercise treadmill protocol. *Am. Heart J. 87: 4: 445-450*
16. Froelicher, V. F., Bramwell, H., Davis, G., Noguera, I., Stewart, A., and .Lancaster, M. C., (1974). A comparison of the reproducibility and physiologic response to three maximal treadmill exercise protocols. *Chest 65: 5: 512-517*
17. Hermansen, L. and Saltin, B. (1969). Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J. Appl. Physiol. 26: 31-37*
18. Jankowski, L. W., Ferguson, R. J., Langclier, M., Chaniotis, L: N., and Choquette, G. (1972). Accuracy of methods for estimating O<sub>2</sub> cost of walking in coronary patients. *J. Appl. Physiol. 33: 5; 672-673*
19. Jetté, M., Campbell, J., Mongeon, J. and Routhier, R. (1976). The Canadian Home Fitness Test 'as a predictor of aerobic capacity. *Can. Med. Ass. J. 114: 680-682*
20. Kasch, F. W.,' Wallace. J. P, Huhn, R. R., Krogh, L: A., and Hurl P. M. (1976). VO<sub>2</sub>max during horizontal and inclined treadmill, running. *J. Appl. Physiol.;40:-6: 982-983*
21. Leger, L, Seliger, V., and L. Brassard. (1979). Comparisons among VO<sub>2</sub>max values using one treadmill and three-ice skating multistage tests in hockey players and runners. *Can. J. Appl, Sport Sci. 4: 1: 18-21*
22. Léger, L. A., Seliger, V. and Brassard, L.- (1980). Backward extrapolation of VO<sub>2</sub>max values from O<sub>2</sub> recovery, curve. *Med. Sci. Sport Exercise 12:1:24-2. 23.*
23. Margaria, R, Cerretelii, P., Aghemo, P. and Sassi, G., (1963). Energy cost of running. *J. Appl, Physiol. 18: 2: 367-370*
24. Margaria, R. (1968). Capacity and, power of the energy processes in muscle activity: their practical relevance in athletics. *Int. Z. angew. Physiol. einschI. Arbeitsphysiol. 25: 352-360*
25. Martin, B. J. (1971). The reliability and validity of the twelve minute run-walk, test for high school girls. *M.S. Thesis in Physical Education, University of Idaho*
26. May hew, J. L., (1977). Oxygen cost and energy expenditure of running in trained runners. *Brit. J. Sport. Med. 11:3: 116-121.*
27. McArdle, W, D. Katch, F. and Pechar, G. S.; (1973). Comparison of continuous and discontinuous treadmill and bicycle tests for max VO<sub>2</sub>. *Med. Sci. Sports.5: 3: 156-160*
28. McArdle.W, D., Magel. J. R., Delio, D, J., Tomer. M. and Chase, J. M., (1978). Specificity of run training onVO<sub>2</sub>jmax and heart rate changes during running and swimming. *Med. ScI. Sports 10: I: 16-20*
29. McMiken. D. F., and Daniels, J. T., (1976). Aerobic requirements and maximum aerobic power in treadmill and track running. *Med. Sci. Sports 8: 1: 14-17*
30. Menier, R. and Pugh, L. G. C. E., (1970). Comparaisón du tout énérgétique de la marche ci de la course. *Medecine du Sport 1: 22-23*
31. Pollock, M. L. BoMnon. R. L.Cooper, K. H, Ayres, J. J.,Ward, A., White, S. R. and Linnerud, A, C., (1976). A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. *Am. Heart J, 92: 1: 39-46.*
32. Pugh, L, G. C. E., (1970). Oxygen intake in track and treadmill-running with observations on the effect of air resistance. *J. Physiol.*
33. Shephard, R. J., (1969). A nomogram to calculate the oxygen cost of running at slow speeds. *-J. Sports Med. Phys. Fitness 9: 10-16*
34. Stamford, B. A., (1975). Maximai oxygen uptake during treadmill walking and running at various speeds. *J. Appl. Physiol. 39: 3; 386-389*
35. Taylor, H. L., Buskirk, E. and Henschel, (1955). A. *Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. J. Appl. Physiol. 8: 73-80.*
36. Taylor, H. L., Wong, Y., Rowell. L. and Blomqvist, G., (1963). The standarization and interpretation of submaximal and maximal tests of working capacity. *Pediatrics 32: 703-722,*

37. Wyndham, C. H., Strydom, N. B., vanGraan, C. H., vanRensburg, A. J., Rogers, G. G., Greyson, J. S., and vanderWalt, W. H., (1971).  
Walk or jog for health: II Estimating the maximum aerobic capacity for exercise. *South African Med. J.* 45: 53-57