

Article

Test de Ida y Vuelta de 20 Metros para Valorar en Varias Etapas la Aptitud Física Aeróbica

The Multistage 20 Metre Shuttle Run Test for Aerobic Fitness

Luc A Léger¹, D Mercier¹ y C Gadoury²¹Departement d education physique. Universitee de Montreal.²Depareemene de medecine socia/e e preventive. Universitee de Montreal.

RESUMEN

Se diseño un test máximo de carrera de ir y volver de 20 m con etapas múltiples para determinar la potencia aeróbica máxima, en niños de edad escolar, adultos saludables que asisten a la clases para mejorar la aptitud física y atletas que realizan deportes que poseen frecuentes detenciones y salidas (por ejemplo, básquetbol, esgrima etc.). Los sujetos corrieron de una punta a la otra de una pista de 20 metros y debían tocar la línea de 20 m en el mismo momento en que una señal sonora se emitía a partir de una cinta grabada previamente. La frecuencia de la señal sonora se incrementaba 0,5 km.h⁻¹ cada minuto partiendo de una velocidad de inicio de 8,5 km.h⁻¹. Cuando los sujetos no podían mantener el ritmo, se registraba el número final de la etapa anunciada y éste número se utilizaba para estimar el máximo consumo de oxígeno (VO₂ máx.) (y, mL.kg⁻¹.min⁻¹) de la velocidad (x, km.h⁻¹) correspondiente a esa etapa (velocidad = 8 + 0,5.número de etapa) y a esa edad (a, años): $y=31,025 + 3,238.x -1,248.a + 0,1536.a.x$, $r=0,71$, con 188 niños y niñas de 8 a 19 años de edad. Para obtener esta ecuación de regresión, el test fue realizado individualmente. Al finalizar el test se determinó el VO₂ con cuatro muestras de 20 s y se estimó el VO₂ máx. mediante retroextrapolación de la curva de recuperación del O₂ hasta el tiempo cero de recuperación. En los adultos, mediciones similares indicaron que podría utilizarse la misma ecuación fijando la edad en 18 años ($r=0,90$, $n=77$ varones y mujeres de 18 a 50 años de edad). Los coeficientes de confiabilidad prueba test-retest tuvieron valores de 0,89 para los niños (139 niños y niñas de entre 6 y 16 años de edad) y 0,95 para los adultos (81 varones y mujeres, de entre 20 y 45 años de edad). También se encuentran disponibles los datos normales para los niños en edad escolar y adultos y las estimaciones del VO₂ máx. fueron comparables a las de otros tests y/o poblaciones.

Palabras Clave: v02max, prueba de campo, niños, adultos, validez, fiabilidad.

ABSTRACT

A maximal multistage 20 m shuttle run test was designed to determine the maximal aerobic power of schoolchildren, healthy adults attending fitness class and athletes performing in sports with frequent stops and starts (e.g. basketball, fencing and so on). Subjects run back and forth on a 20 m course and must touch the 20 m line; at the same time a sound signal is emitted from a prerecorded tape. Frequency of the sound signals is increased 0.5 km h⁻¹ each minute from a

starting speed of 8.5 km h⁻¹. When the subject can no longer follow the pace, the last stage number announced is used to predict maximal oxygen uptake (VO₂max) (Y, ml kg⁻¹ min⁻¹) from the speed (X, km h⁻¹) corresponding to that stage (speed=8+0.5 stage no.) and age (A, year): $Y=31.025 +3.238 X -3.248A +0.1536AX$, $r=0.71$ with 188 boys and girls aged 8-19 years. To obtain this regression, the test was performed individually. Right upon termination VO₂ was measured with four 20 s samples and VO₂max was estimated by retro extrapolating the O₂ recovery curve at time zero of recovery. For adults, similar measurements indicated that the same equation could be used keeping age constant at 18 ($r=0.90$, $n=77$ men and women 18-50 years old). Test-retest reliability coefficients were 0.89 for children (139 boys and girls 6-16 years old) and 0.95 for adults (81 men and women, 20-45 years old). Normal data are also available for schoolchildren and adults and estimated VO₂max were found comparable to other tests and/or populations.

Keywords: vO₂max, field test, children, adults, validity, reliability.

INTRODUCCION

En 1982, Lèger y Lambert informaron una correlación de 0,84 y un error estándar de estimación de 10,5% para un test de carrera de ir y volver de 20 m con múltiples etapas de 2 min recientemente diseñado para estimar el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) a partir de la velocidad máxima.

Debido a que el VO₂ máx. y la velocidad máxima están muy correlacionados, ésta última se definió como la velocidad aeróbica máxima (MAS). Las características exclusivas de este test eran su naturaleza de múltiples etapas y el hecho de que muchos sujetos podían ser evaluados en el mismo momento en un gimnasio de 20 m de largo utilizando un reproductor de audio. Luego de que algunos informes (Astrand, 1952; Silverman y Anderson, 1972; Daniels et al, 1978; Davies, 1980; Paté, 1981; MacDougall et al, 1983) reportaron que la eficiencia mecánica de la carrera era proporcional a la edad durante el crecimiento y debido a que se observó que las etapas de 2 min eran aburridas psicológicamente para los niños, se decidió diseñar una versión de la carrera de ir y volver de 20 m con etapas de 1 min y evaluar su validez en niños y adultos. Las velocidades aeróbicas máximas (MAS) de 7000 niños de Quebec obtenidas a través de este test han sido reportadas anteriormente (Lèger et al, 1984). Nuestro propósito fue presentar los datos sobre la validez y confiabilidad del test para predecir el VO₂ máx.

MÉTODOS

Sujetos y Diseño de las Evaluaciones

En la primera serie de experimentos, 188 niños y niñas de 8 a 19 años de edad realizaron el test de carrera de ir y volver de 20 m de manera individual hasta un límite decidido voluntariamente. El VO₂ máx. se determinó retroextrapolando la curva de recuperación de O₂ hasta el tiempo cero de la recuperación (Lèger et al., 1980). En la segunda serie de experimentos, se determinó el VO₂ máx. en 53 varones y 24 mujeres menores ($n=38$) y mayores ($n=39$) de 35 años de edad mediante el método de retroextrapolación al final del test de carrera de ir y volver de 20 m.

En la tercera serie de experimentos, 139 niños y niñas de 6 a 16 años de edad y 81 varones y mujeres de 20 a 45 años realizaron dos veces la carrera de ir y volver de 20 m, con una semana de separación para determinar la confiabilidad de la prueba. Grupos de 10-20 sujetos realizaron el test juntos.

La validez del test de carrera de ir y volver de 20 m se valoró a través de un análisis de regresión múltiple y la confiabilidad se determinó a través de un análisis de regresión simple y un test-t para muestras pareadas.

Test y Métodos

En el test de carrera de ir y volver de 20 m (Figura 1), los sujetos debían correr de un extremo al otro de una pista de 20 m y tocar la línea de 20 m en el mismo momento en que se emitía una señal sonora de una cinta grabada previamente. La frecuencia de las señales sonoras se incrementaba, de manera tal que la velocidad de carrera aumentaba en 0,5 km.h⁻¹ cada un minuto partiendo de una velocidad inicial de 8,5 km.h⁻¹. El test finalizaba cuando los sujetos no podían continuar manteniendo la velocidad establecida. El número de la última etapa anunciada o la velocidad aeróbica máxima equivalente, fueron utilizados como índices de VO₂ máx. El VO₂ fue determinado mediante el método de la bolsa de Douglas, mientras

que el O2 y CO2 fueron analizados mediante los analizadores Beckman OM-11 y LB-1, respectivamente, previamente calibrados.

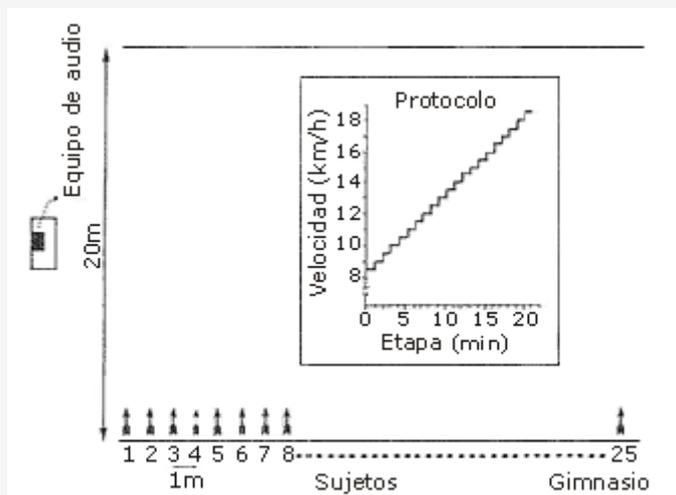


Figura 1. Características del protocolo y del gimnasio utilizados en el test de carrera de ir y volver para determinar la aptitud física aeróbica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Confiabilidad

Se observó que el test de carrera de ir y volver de 20 m era una prueba confiable para niños ($r=0,89$) y adultos ($r=0,95$). No se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre los test y los retest.

Validez

En los niños, el VO_2 máx. (y , $mL.kg^{-1}.min^{-1}$) podría ser estimado a partir de la velocidad aeróbica máxima de la carrera de ir y volver (x_1 , $km.h^{-1}$) y la edad (x_2 , expresada en años y como el menor valor entero redondeado):

$$y = 31,025 + 3,238.x_1 - 3,248.x_2 + 0,1536.x_1.x_2 \quad (1)$$

Con una correlación de 0,71 y un error estándar de estimación de 5,9 $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ o 12,1% Y (Figura 2 y Tabla 1). El sexo, talla y peso no fueron factores de predicción significativos. El efecto de la edad era esperable a partir de otros estudios realizados a partir de ejercicios basados en la carrera (Astrand, 1952,; Silverman y Anderson, 1972; Daniels et al, 1978; Davies, 1980; Pate 1981; Mac Dougall et al., 1983).

Etapa (min)	Velocidad Máxima (km h ⁻¹)	VO ₂ máx. (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹) estimado según la velocidad (km.h ⁻¹) y edad (años)												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	≥18
1	8,5	46,9 ^a	45,0 ^a	43,0 ^a	41,1 ^a	39,1 ^a	37,2 ^a	35,2 ^a	33,3 ^a	31,4 ^a	29,4 ^a	27,5 ^a	25,5 ^a	23,6 ^a
2	9,0	49,0	47,1	45,2	43,4	41,5 ^a	39,6 ^a	37,8 ^a	35,9 ^a	34,1 ^a	32,2 ^a	30,3 ^a	28,5 ^a	26,6 ^a
3	9,5	51,1	49,3	47,5	45,7	43,9	42,1	40,3 ^a	38,5 ^a	36,7 ^a	35,0 ^a	33,2 ^a	31,4	29,6
4	10,0	53,1	51,4	49,7	48,0	46,3	44,6	42,9	41,2	39,4 ^a	37,7 ^a	36,0	34,3	32,6
5	10,5	55,2	53,6	51,9	50,3	48,7	47,0	45,4	43,8	42,1	40,5	38,9	37,2	35,6
6	11,0	57,3	55,7	54,2	52,6	51,1	49,5	47,9	46,4	44,8	43,3	41,7	40,2	38,6
7	11,5	59,4	57,9	56,4	54,9	53,4	52,0	50,5	49,0	47,5	46,0	44,6	43,1	41,6
8	12,0	61,5	60,1	58,6	57,2	55,8	54,4	53,0	51,6	50,2	48,8	47,4	46,0	44,6
9	12,5	63,5	62,2	60,9	59,6	58,2	56,9	55,6	54,2	52,9	51,6	50,3	48,9	47,6
10	13,0	65,6 ^a	64,4 ^a	63,1 ^a	61,9 ^a	60,6 ^a	59,4 ^a	58,1	56,9	55,6	54,4	53,1	51,9	50,6
11	13,5	67,7 ^a	66,5 ^a	65,3 ^a	64,2 ^a	63,0 ^a	61,8 ^a	60,6 ^a	59,5 ^a	58,3	57,1	56,0	54,8	53,6
12	14,0	69,8 ^a	68,7 ^a	67,6 ^a	66,5 ^a	65,4 ^a	64,3 ^a	63,2 ^a	62,1 ^a	61,0	59,9	58,8	57,7	56,6
13	14,5	71,9 ^a	70,8 ^a	69,8 ^a	68,8 ^a	67,8 ^a	66,8 ^a	65,7 ^a	64,7 ^a	63,7 ^a	62,7 ^a	61,6	60,6	59,6
14	15,0	73,9 ^a	73,0 ^a	72,0 ^a	71,1 ^a	70,2 ^a	69,2 ^a	68,3 ^a	67,3 ^a	66,4 ^a	65,4 ^a	64,5	63,6	62,6 ^a
15	15,5	76,0 ^a	75,1 ^a	74,3 ^a	73,4 ^a	72,5 ^a	71,7 ^a	70,8 ^a	69,9 ^a	69,1 ^a	68,2 ^a	67,3 ^a	66,5 ^a	65,6 ^a
16	16,0	78,1 ^a	77,3 ^a	76,5 ^a	75,7 ^a	74,9 ^a	74,1 ^a	73,4 ^a	72,6 ^a	71,8 ^a	71,0 ^a	70,2 ^a	69,4 ^a	68,6 ^a
17	16,5	80,2 ^a	79,5 ^a	78,7 ^a	78,0 ^a	77,3 ^a	76,6 ^a	75,9 ^a	75,2 ^a	74,5 ^a	73,8 ^a	73,0 ^a	72,3 ^a	71,6 ^a
18	17,0	82,3 ^a	81,6 ^a	81,0 ^a	80,3 ^a	79,7 ^a	79,1 ^a	78,4 ^a	77,8 ^a	77,2 ^a	76,5 ^a	75,9 ^a	75,3 ^a	74,6 ^a
19	17,5	84,3 ^a	83,8 ^a	83,2 ^a	82,7 ^a	82,1 ^a	81,5 ^a	81,0 ^a	80,4 ^a	79,9 ^a	79,3 ^a	78,7 ^a	78,2 ^a	77,6 ^a
20	18,0	86,4 ^a	85,9 ^a	85,4 ^a	85,0 ^a	84,5 ^a	84,0 ^a	83,5 ^a	83,0 ^a	82,5 ^a	82,1 ^a	81,6 ^a	81,1 ^a	80,6 ^a

Tabla 1. Test de carrera de ir y volver de 20 m: estimación del VO₂ máx. a partir de la velocidad máxima de la carrera de ir y volver y de la edad. a Valores extrapolados superiores a ± 2 s de la serie de datos experimentales.

Nota 1: El VO₂ máx. estimado (y, ml kg⁻¹ min⁻¹) se obtuvo a partir de la velocidad máxima del test de ir y volver (x1, km.h⁻¹) y de la edad {x2, años redondeados según el menor valor entero) a partir de las siguientes ecuaciones de regresión: 6-18 años: $y=31,025 + 3,238.x1 - 3,248.x2 + 0,1536.x1.x2$; mayores de 18 años $y= -27,4 + 6,0.x1$.

Nota 2: El número de las etapas fue anunciado cada 30 s por una la cinta grabada. Por lo tanto, a partir de esta tabla fue posible, obtener la estimación del VO₂ máx. inmediatamente después de finalizar el test.

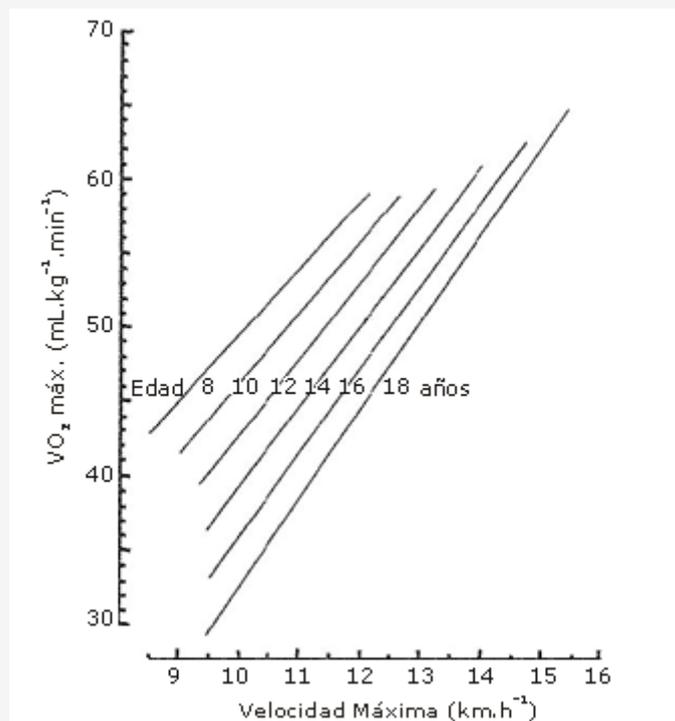


Figura 2. VO₂ máx. en función de la velocidad máxima y la edad en la carrera de ir y volver. En la figura se observa que los niños de las edades más bajas presentan un mayor costo energético y además también se observa interacción entre la edad y la velocidad.

La interacción (x1.x2) también se esperaba, debido a que los sujetos con mayor aptitud o más rápidos eran probablemente mayores en términos de edad biológica. Una interacción similar se observó también recientemente en un ejercicio basado en la carrera (Leger et al., 1986). Ninguno de los estudios citados previamente presentaron o desarrollaron una regresión múltiple para un test basado en la carrera.

El mayor costo energético de la carrera de ir y volver en los niños (Figura 2) refleja probablemente una menor eficiencia mecánica. Debido a que es prácticamente imposible medir el trabajo realizado durante la carrera para calcular luego la eficiencia mecánica, es posible visualizar esta menor eficiencia mecánica de los niños calculando la eficiencia relativa en niños y comparándola con la de los adultos quienes presentan un costo energético constante a partir de los 18 años (Figura 3). Por lo tanto es posible observar que la eficiencia se incrementa de manera curvilínea desde los 8 a los 18 años, que este incremento es más pronunciado en las velocidades máximas bajas y que esta eficiencia relativa toma valores de 0,59 a 0,75 a los 8 años dependiendo de la velocidad máxima de carrera y alcanza el valor de 1 (por definición) a los 18 años cualquiera sea la velocidad máxima de carrera. Es necesario señalar que en este efecto de interacción entre edad y velocidad sobre la eficiencia o sobre los requerimientos de O₂, solo se consideran las velocidades aeróbicas máximas. Para todos los niños, la eficiencia mecánica sería constante a lo largo de todo el intervalo de velocidades de carrera siendo siempre, un valor inferior al observado para los adultos.

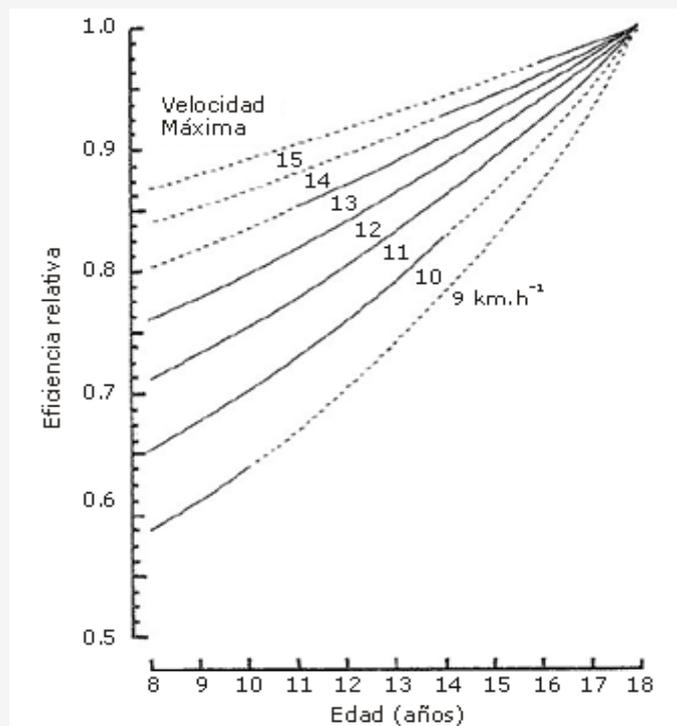


Figura 3. Eficiencia relativa ($RE = VO_2 \text{ máx. a los 18 años} / VO_2 \text{ máx. a los X años}$) en función de la edad y de la velocidad máxima de la carrera de ir y volver. Las líneas de puntos representan extrapolaciones de las series de datos experimentales.

La menor eficiencia de los niños, no ha podido ser explicada consistentemente. Davies (1980) indicó que esta menor eficiencia podría deberse a la menor masa corporal no equiparada con la velocidad de movimiento. Dicha afirmación está apoyada por trabajos (Godfrey et al, 1971; Leger et al, 1986) en donde se observó una eficiencia similar en niños y adultos, en actividades tales como el ciclismo en donde la masa corporal la soporta el asiento.

En los adultos, el $VO_2 \text{ máx.}$ sólo se relacionó con la velocidad máxima ($r=0,90$, $S_{yx}=4,7 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ o 9,6% de Y) con resultados similares para hombres y mujeres y para sujetos mayores y menores de 35 años. La ecuación de regresión obtenida fue:

$$y = -23,4 + 5,8 \cdot x \quad (2)$$

Fue prácticamente igual a la ecuación (1) cuando la edad fue fijada en 18 años:

$$y = -27,4 + 6,0 \cdot x \quad (3)$$

La concordancia entre las ecuaciones (2) y (3) corrobora la validez externa del test. Para asegurar una transición más paulatina en la estimación del $VO_2 \text{ máx.}$ a los 18 años de edad (Tabla 1) es preferible aplicar la ecuación (3) antes que la ecuación (2).

Las observaciones previas sobre la validez del test de carrera de ir y volver de 20 m para estimar el $VO_2 \text{ máx.}$ se basan en la presunción de que la tasa de trabajo máxima se alcanza al final de la carrera de ir y volver de 20 m. En los adultos (Gadoury y Leger, 1986), tal presunción se sustenta en: (1) los valores de frecuencia cardíaca máximos alcanzados al final de la carrera de ir y volver de 20 m; (2) valores similares de $VO_2 \text{ máx.}$ obtenidos al final de una prueba máxima en cinta rodante con múltiples etapas, estimados (ecuación 3) y retroextrapolados, en la carrera de ir y volver de 20 m ($49,3 \pm 10,1$; $47,1 \pm 8,3$ y $48,8 \pm 9,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, $n=77$) y (3) elevadas correlaciones entre estos valores de $VO_2 \text{ máx.}$ ($r=0,87-0,90$). En niños de 12-14 años de edad, Mechelen et al (1986) realizaron una validación cruzada del test, utilizando al $VO_2 \text{ máx.}$ obtenido en una carrera máxima en cinta rodante con múltiples etapas, en la cual se usaron tres criterios (incremento menor a 150 mL O₂ con respecto a la fase anterior, frecuencia cardíaca superior al 95% del máximo, y VCO_2/VO_2 superior a 1). No sólo se comprobó la validez de la carrera de ir y volver de 20 m ($r=0,76$, $S_{yx}=4,4 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, $n=82$), si no que el $VO_2 \text{ máx.}$ estimado a partir de los datos de Mechelen utilizando la ecuación (1) también fueron muy similares a los valores del $VO_2 \text{ máx.}$ obtenidos en la cinta rodante ($49,6$ y $48,7 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, respectivamente).

La menor validez del test de 20 m observada en los niños en comparación con los adultos, podría deberse a las grandes variaciones en la edad biológica entre los individuos, debido a que la edad cronológica se utilizó como variable de estimación. De hecho Mechelen et al. (1986) encontraron mayor validez ($r=0,76$, $Syx=4,4$ mL.kg-1.min-1) en un grupo etario más homogéneo (12-14 años de edad). En los adultos, el nivel de validez es comparable con el de otros tests máximos con etapas múltiples y mejor que cualquier test submáximo (Gadoury y Leger, 1986).

Un reciente estudio de Poortmans et al. (1986) informó una menor correlación ($r=0,72$) y una diferencia pequeña, pero significativa entre el VO₂ máx. estimado a partir de la carrera de ir y volver de 20 m ($49,0\pm7,1$ mL.kg-1.min-1) y el VO₂ máx. determinado mediante un test en bicicleta ergométrica ($51,7\pm11,2$ mL.kg-1.min-1) en 201 sujetos belgas de 14 a 30 años de edad. Es probable que haya sido más difícil motivar a los participantes en el estudio belga en el cual 20-30 sujetos realizaron la prueba simultáneamente, pero en el presente estudio los tests fueron realizados individualmente. El rendimiento en la carrera de ir y volver de los participantes de Bélgica fue, de hecho, menor que el de los niños de Quebec y de los Países Bajos, utilizando el mismo test (Leger et al, 1984; Mechelen et al, 1986).

Una ventaja importante de la carrera de ir y volver de 20 m es la utilización del mismo protocolo para todos los grupos etarios, lo que posibilita hacer comparaciones longitudinales o transversales (Tabla 2 y Figura 4) en todas las edades. El VO₂ máx. estimado a partir de la velocidad máxima de la carrera de ir y volver de 20 m se mantiene relativamente constante en 52 mL.kg-1.min-1 en los niños de 6 a 18 años de edad, pero en el caso de las niñas disminuye gradualmente de 52 a 38 mL.kg-1.min-1 después de la pubertad (Figura 4). Esto coincide con los datos publicados en la bibliografía (Krahenbuhl et al, 1985).

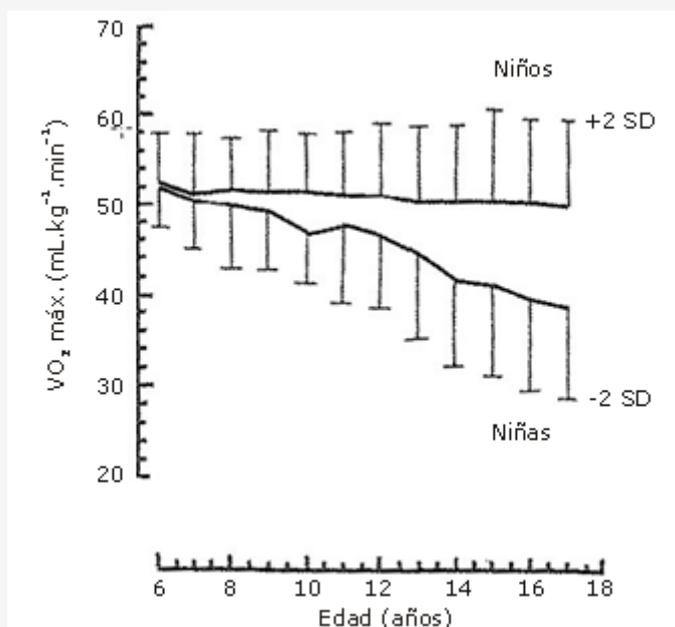


Figura 4. Estimación del VO₂ máx. en 7000 niños de Quebec a partir de la velocidad máxima y la edad en el test de carrera de ir y volver (Leger et al., 1984), utilizando la ecuación (1) desarrollada en este estudio.

Edad (Años)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Niños												
Número	121	297	303	322	404	386	341	325	289	333	336	212
Número de etapa, o minutos												
Media	3,62	3,91	4,87	5,53	6,24	6,66	7,17	7,42	7,96	8,50	8,90	9,26
DS	1,36	1,55	1,75	1,90	1,77	1,84	2,03	1,99	1,93	2,19	2,04	2,02
Velocidad (km.h⁻¹)												
Media	9,81	9,96	10,46	10,77	11,12	11,33	11,59	11,71	11,98	12,25	12,45	12,63
DS	0,68	0,78	0,87	0,95	0,89	0,92	1,02	1,00	0,97	1,10	1,02	1,01
VO₂ máx. (mL.kg⁻¹.min⁻¹)												
Media	52,35	51,23	51,67	51,54	51,64	51,13	51,92	50,10	50,11	50,20	49,97	49,69
DS	2,83	3,34	3,91	4,39	4,23	4,53	5,16	5,21	5,20	6,07	5,81	5,91
Niñas												
Número	112	299	308	322	335	382	292	298	260	260	332	155
Número de etapa, o minutos												
Media	3,37	3,46	4,06	4,52	4,92	5,19	5,49	5,25	4,82	5,24	5,23	5,48
DS	1,08	1,22	1,54	1,40	1,50	1,64	1,64	1,82	1,75	1,83	1,74	1,77
Velocidad (km.h⁻¹)												
Media	9,69	9,73	10,03	10,26	10,46	10,60	10,74	10,63	10,41	10,62	10,62	10,74
DS	0,54	0,61	0,77	0,70	0,75	0,82	0,82	0,91	0,88	0,92	0,87	0,89
VO₂ máx. (mL.kg⁻¹.min⁻¹)												
Media	51,83	50,26	49,82	49,20	46,84	47,51	46,65	44,42	41,65	41,16	39,52	38,63
DS	2,25	2,63	3,44	3,24	2,76	4,04	4,17	4,76	4,72	5,07	4,96	5,18

Tabla 2. Datos normales del test de carrera de ir y volver de 20 m obtenidos en 7000 niños de Québec. Nota: Los datos fueron recolectados en Mayo de 1981 (Léger et al, 1984). El VO₂ estimado fue obtenido a partir de la ecuación de regresión desarrollada en este estudio.

REFERENCIAS

1. Astrand, P. O (1952). Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age. *Copenhagen: Ejnor Munksgaard*
2. Daniel J., Oldridge N., Nagle F. and White B (1978). Differences and changes in VO₂ among young runners 10 to 18 years of age. *Medicine and Sciences in Sports 10, 200- 3*
3. Davies, C. T. M (1980). Metabolic cost of exercise and physical performance in children with some observations on external loading. *European Journal of Applied Physiology 45, 95- 102*
4. - (1986). Validité de l'épreuve de course navette de 20 mètres avec paliers de 1 minute et du Physitest canadien pour prédire le VO₂max des adultes. *Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (Paris) 13, 57- 68*
5. Gofrey S., Davies C. T. M., Wozniak E. and Barnes C. A (1971). Cardiorespiratory response to exercise in normal children. *Clinical Science 40, 419- 31*
6. Krahenbuhl G. S., Skinner J. S. And Kohrt W. M (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exercise and Sports Sciences Reviews 13, 503- 38*
7. - (1986). Energy cost of running, cycling and stepping during growth. In Kinanthropometry III- Proceedings of the VIII Commonwealth and International Conference on Sport, Physical Education, Dance, Recreation and Health. (Glasgow, July 18- 33, 1986, edited by T. Reilly, J. Watkins and J. Boms), pp. 138- 45, London E & F. N. Spon
8. - (1982). A maximal 20- m shuttle run test to predict VO₂max. *European Journal of Applied Physiology 49, 1- 12*
9. - (1984). Capacité aérobie des Québécois de 6 à 17 ans- Test navette de 20 mètres avec paliers de 1 minute. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences 9, 64- 9*
10. - (1980). Backward extrapolation of VO₂max values from O₂ recovery curve. *Medicine and Science in Sports and Exercise 12, 24- 7*
11. MacDougall J. D., Roche P. D., Bar-Or O. and Moroz J. R (1983). Maximal aerobic capacity of Canada school children: prediction based on age- related oxygen cost of running. *International Journal of Sports Medicine 4, 194- 8*
12. Mechelen W. van, Hlobil H. and Kemper H. C. G (1986). Validation of two running tests as an estimate of maximal aerobic power

- in children. *European Journal Applied Physiology* 55, 503- 6
13. Pate R. R (1981). Oxygen cost of walking, running and cycling in boys and men (Abstract). *Medicine and Science in Sports and Exercise* 13, 123- 4
 14. Poortmans J., Vlaeminck M., Collin M. And Delmotte C (1986). 14. Poortmans J., Vlaeminck M., Collin M. And Delmotte C (1986). Estimation indirecte de la puissance aerobic maximale d'une population Bruxelloise masculine et feminine agée de 6 á 23 ans. Comparaison avec une technique directe de la mesure de la consommation maximale d'oxygène. *Journal de Physiologie (Paris)* 81, 195- 201
 15. Silverman M. and Anderson S (1972). Metabolic cost treadmill exercise in children. *Journal of Applied Physiology* 33, 696- 8