

Evaluación de la resistencia aeróbica a través del tiempo límite medido en campo en ambos sexos

Gastón César García¹, Jeremías David Secchi^{2,3}, Carlos Rodolfo Arcuri^{4,5}, Mauro Darío Santander^{6,7}

¹Instituto Superior de Formación Docente. Mercedes Tomasa de San Martín de Balcarce 9003. San Rafael, Mendoza, Argentina. ²Universidad Adventista del Plata. Libertador San Martín. Entre Ríos. Argentina. ³Departamento de Deportes. Municipalidad de Libertador San Martín. Entre Ríos. Argentina. ⁴Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. ⁵Subsecretaría de Deportes. GCBA. Argentina. ⁶Subsecretaría de Deportes y Juventud de la Provincia de Neuquén. Argentina. ⁷Instituto de Formación Superior (IFES). Neuquén. Argentina.

Recibido: 11.05.2017

Aceptado: 16.08.2017

Resumen

Introducción: El propósito principal fue comparar la resistencia aeróbica entre los sexos a través del tiempo límite (T-Lim) y la distancia límite (D-Lim) medido en campo. En segundo lugar se analizó la relación entre la VFA y el T-Lim.

Material y método: 39 estudiantes de educación física (27 hombres y 12 mujeres) fueron medidos en 3 sesiones. En la primera sesión se registraron medidas antropométricas: talla de pie, masa corporal, perímetros y pliegues cutáneos. En la segunda sesión se evaluó el UNCa test. Este fue confeccionado recientemente para estimar la velocidad aeróbica máxima a partir de la velocidad final alcanzada (VFA). La VFA es definida como la velocidad alcanzada en la última etapa completa. En la última sesión, para medir el T-Lim los sujetos corrieron a la VFA en una pista de 400 m junto a una bicicleta previamente calibrada. La D-Lim es la cantidad total de metros recorridos durante la prueba de T-Lim. Las diferencias entre sexos fueron analizadas con la prueba T para muestras independientes. Las relaciones entre la VFA y el T-Lim fueron determinadas con el coeficiente de correlación de Pearson.

Resultados: La VFA en el UNCa test fue de $14,8 \pm 1,4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ y $12,0 \pm 1,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ para hombres y mujeres respectivamente ($p < 0,05$). El T-Lim fue de $385,0 \pm 99,3$ y $351,0 \pm 79,6$ segundos, sin diferencia significativas entre los grupos. La D-Lim fue de $1589,5 \pm 485,7$ metros para los hombres y $1175,7 \pm 304,4$ metros para las mujeres, siendo significativa la diferencia entre los grupos ($p < 0,05$). Las correlaciones encontradas entre la VFA y el T-Lim fue: para el grupo total $r = 0,29$ ($p > 0,035$), para los hombres $r = 0,24$ ($p > 0,112$) y para las mujeres $r = 0,27$ ($p > 0,196$).

Conclusión: En estudiantes de educación física no se encontraron diferencias significativas en el T-Lim entre hombres y mujeres. La baja correlación encontrada entre la VFA y el T-Lim nos lleva a concluir que ambos son indicadores de variables diferentes.

Palabras clave:

Entrenamiento aeróbico.
Resistencia aeróbica. Tiempo límite. Velocidad aeróbica máxima. Test de campo.

Aerobic resistance evaluation through limited time measured in field in both sexes

Summary

Introduction: The main objective of this paper was to compare the aerobic resistance in both sexes through the use of limited time (T-Lim) and the limit distance (D-Lim) measured in the field. In second place was to analyze the relationship between the VFA and the T-Lim.

Material and methods: 39 physical education students (27 men and 12 woman) were measured in 3 sessions. In the first session, anthropometric measurements were registered: size, body weight, perimeters and skin folds. In the second session the UNCa test was evaluated. This test was recently designed to estimate the maximum aerobic speed from the final speed reached (FSR). The FSR is defined as the speed reached in the last complete stage. In the last session, to measure the T-Lim the subjects ran to the endurance capacity in a track of 400 m next to a bicycle previously calibrated. The D-Limit refers to the total meters run during the T-Lim test. Differences between sexes were analyzed with the T test for independent samples. The relationships between FSR and T-Lim were determined using the Pearson correlation coefficient.

Results: In the UNCa test, FSR was $14.8 \pm 1.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ and $12.0 \pm 1.0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ for men and women respectively ($p < 0.05$). The T-Lim was 385.0 ± 99.3 and 351.0 ± 79.6 seconds, without significant differences between groups. The D-Lim was 1589.5 ± 485.7 meters for men and 1175.7 ± 304.4 meters for women, being significant among groups ($p < 0.05$). The correlations were: FSR and T-Lim; $R = 0.29$ ($p < 0.035$) for all the cases, $r = 0.24$ ($p < 0.112$) for males, and $r = 0.27$ ($p < 0.196$) for females.

Conclusion: In physical education students, no significant differences were found among men and women as regards T-lim. The low correlation found between VFA and T-Lim leads us to conclude that both indicators define different variables.

Key words:

Aerobic training.
Endurance capacity. Time limit. Maximal aerobics speed. Field test.

Correspondencia: Gastón César García
E-mail: garciagaston@yahoo.com.ar

Introducción

Tradicionalmente el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{max}$) ha sido utilizado para estudiar el componente cardiorrespiratorio en diferentes poblaciones relacionadas a la salud y al deporte¹. El $VO_2\text{max}$ puede ser mejorado a partir de un programa de entrenamiento aeróbico tanto en hombres como en mujeres². Estas mejoras dependen de múltiples factores: nivel del sujeto, $VO_2\text{max}$ inicial, duración del entrenamiento (semanas, meses, años), carga de entrenamiento (intensidad, volumen de trabajo, frecuencia, densidad), sexo, edad, genética, entre otros^{3,4}. Sin embargo, los incrementos en el $VO_2\text{max}$ tienen un límite genético^{4,5}, e incluso en sujetos altamente entrenados la marca deportiva mejora sin observar aumentos en el $VO_2\text{max}$ ⁶. Por este motivo es importante monitorear otras variables relacionadas al componente cardiorrespiratorio⁷ como por ejemplo; la velocidad aeróbica máxima (VAM) y el tiempo límite (T-Lim).

El T-Lim es definido por Billat como la capacidad que tiene un sujeto de sostener el mayor tiempo posible un esfuerzo al 100% de la VAM. El interés por estudiar el T-Lim, radica en validar un criterio de resistencia aeróbica⁸. Este parámetro expresa la cantidad de trabajo efectuado en tiempo (segundos o minutos), y también en metros denominado distancia límite (D-Lim). Ambas variables (T-Lim y D-Lim) han mostrado tener una aceptable reproducibilidad mediante la prueba de test y retest ($r=0,86$) y existe una gran variabilidad entre los sujetos, aun cuando el $VO_2\text{max}$ y la VAM son similares^{9,10}. De acuerdo a la revisión bibliográfica, el T-Lim medido en campo ronda en promedio entre los 5 y 7 minutos⁹⁻¹⁶ independientemente de la VAM y del $VO_2\text{max}$, aunque este valor se mueve en un rango más amplio entre 3 a 10 minutos y en algunos casos hay registros superiores a este⁹.

Por otra parte, el T-Lim también tiene como objetivo establecer un marco de referencia para la elección de la duración del entrenamiento en el área o zona del $VO_2\text{max}$. De esta manera el entrenador puede individualizar los volúmenes de entrenamiento de forma más precisa, obteniendo mejoras en el $VO_2\text{max}$, en la VAM, en la capacidad aeróbica submáxima de alta intensidad, en el umbral anaeróbico y en la marca deportiva^{9,12-14}.

En la bibliografía podemos encontrar dos estudios que midieron el T-Lim en hombres y mujeres¹⁵⁻¹⁶. Demarie *et al.*¹⁵, midieron el T-Lim en ambos sexos, aunque en la presentación de los resultados, mostraron valores promedios sin diferenciar los sexos. Bherthoin *et al.*¹⁶, realizaron comparaciones entre ambos sexos, sin embargo hay que aclarar que el estudio estuvo conformado por niños y adolescentes, en una muestra con edades entre los 6 a 17 años. Los autores encontraron diferencias en el T-Lim a partir de los 12 años en adelante hasta los 17 inclusive.

Varios estudios han comprobado diferencias entre hombres y mujeres midiendo de forma directa o indirecta el $VO_2\text{max}$ y la VAM^{4,17-20}, sin embargo se desconoce si esto mismo sucede con el T-Lim en adultos.

El propósito principal del presente estudio fue evaluar el T-Lim en campo para establecer diferencias en la capacidad de resistencia entre hombres y mujeres adultos jóvenes físicamente activos. El segundo propósito fue analizar la relación entre la VFA y el T-Lim.

Material y método

Todas las evaluaciones fueron tomadas en horario de la mañana entre las 09.00 y 11.00 hs con dos horas de ayuno. Para estimar la VAM

se utilizó el UNCa test²¹, recientemente validado a través de la velocidad final alcanzada en campo (VFA). Las mediciones se realizaron en 3 sesiones. En la primera sesión se realizaron mediciones antropométricas. En la segunda sesión se midió en campo con el UNCa test. Las evaluaciones se realizaron en grupos de a 6 sujetos. En la tercera sesión se midió T-Lim agrupando a los sujetos por velocidades, independientemente del sexo, con un máximo de a 6 sujetos. Entre las 2º y 3º sesión hubo un descanso de 120 horas. En todas las evaluaciones, los sujetos utilizaron la misma vestimenta, incluyendo el calzado. Las evaluaciones fueron llevadas a cabo en campo sobre terreno de césped natural. Los sujetos no realizaron ejercicio 48 horas previas a las evaluaciones.

Sujetos

Se evaluaron 39 sujetos voluntarios, estudiantes de educación física (27 hombres y 12 mujeres). Las características generales de la muestra se encuentran en la Tabla 1. Fueron excluidos del estudio: a) los menores de 18 años de edad, b) los sujetos con algún tipo de lesión neuromuscular y/o enfermedad cardiorrespiratoria, c) sujetos sin experiencia en las dos test de campo (UNCa test y T-Lim) y d) aquellos que realizaban menos de 1 hora de actividad física como mínimo 3 veces a la semana. Antes de firmar el consentimiento informado, los sujetos fueron notificados de forma verbal y por escrito acerca de los procedimientos, los beneficios y los riesgos de participar en este estudio.

Procedimiento

Antropometría: Se midió, masa corporal, talla parado, 3 perímetros (brazo relajado, cintura mínima y pantorrilla máxima) y 3 pliegues cu-

Tabla 1. Características del muestra, y variables medidas en campo.

	Todos N= 39	Hombres N= 27	Mujeres N= 12
Variables antropométricas e índices			
Edad (años)	24,5 ± 6,4	25,4 ± 7,3	22,9 ± 4,1
Talla (m)	1,70 ± 0,08	1,76 ± 0,05	1,60 ± 0,07 [#]
Masa Corporal (Kg)	71,2 ± 11,2	77,6 ± 9,2	63,7 ± 8,2 [#]
PC Brazo (cm)	24,0 ± 17,6	27,4 ± 2,3	21,3 ± 3,4 [#]
PC Cintura (cm)	70,9 ± 7,7	75,9 ± 6,5	67,0 ± 6,2 [#]
PC Pantorrilla (cm)	32,3 ± 5,2	34,9 ± 2,3	30,4 ± 6,0 [#]
IMC (kg/m ²)	24,6 ± 3,1	25,2 ± 2,8	23,9 ± 3,2
Σ 3 Pliegues (mm)	46,7 ± 17,6	36,5 ± 14,7	54,6 ± 15,8 [#]
Variables de campo			
VFA (km·h ⁻¹)	13,9 ± 1,8	14,8 ± 1,4	12,0 ± 1,0 [#]
T-Lim (s)	374,5 ± 94,0	385,0 ± 99,3	351,0 ± 79,6
D-Lim (m)	1462,2 ± 475,0	1589,5 ± 485,7	1175,7 ± 304,4 [#]

PC: perímetro corregido. IMC: índice de masa corporal. Σ: Sumatoria de 3 Pliegues (tricipital, abdominal y pantorrilla). VFA: velocidad final alcanzada en la última etapa completa del UNCa test. T-Lim: tiempo límite. D-Lim: distancia límite.

p < 0,05 diferencias significativas con respecto al grupo de los Hombres.

táneos (tricipital, abdominal y pantorrilla). Para la medición de pliegues cutáneos, se utilizó un plicómetro Slimguide de la línea Rosscraft y para los perímetros una cinta de metal Lukfin. Las mediciones y los cálculos del índice de masa corporal y perímetros corregidos, fueron llevadas a cabo, según las normas de la ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría)²².

UNCa Test: Los sujetos corren sobre el perímetro de un hexágono. Cada lado del hexágono, tiene una distancia de 20 metros (Figura 1). La angulación de los lados es de 120°. La velocidad es impuesta por una señal sonora. En cada vértice del hexágono hay una zona de 2 metros en la cual el sujeto se deberá encontrar al momento de escucha el beep sonoro del test (Figura 1). La velocidad inicial del test es de 8,0 km·h⁻¹, y la etapa dura 3 minutos. Luego se incrementa a 10,0 km·h⁻¹, durante 2 minutos. El objetivo de estas primeras dos etapas es estandarizar una entrada en calor específica. Sin interrupción, a partir de aquí, la velocidad se incrementa a razón de 1 km·h⁻¹ cada 1 minuto, hasta la fatiga.

Debido a que no se utilizó un analizador de gases portátil, se monitoreo la Velocidad Final alcanzada en la última etapa completa (VFA) como se recomienda en la bibliografía²³.

El audio fue descargado desde el siguiente link; <http://g-se.com/es/entrenamiento-en-rugby/blog/audio-del-unca-test>²⁴.

Tiempo Límite (T-Lim). Se utilizó una pista de atletismo de 400 metros. Para controlar la velocidad de los sujetos, se utilizó una bicicleta con un velocímetro digital. El mismo, fue calibrado como explicita el manual; se deben cargar en el dispositivo las medidas del perímetro de la cubierta y la longitud del radio. Además como segundo método de calibración, se comparó la velocidad que registraba el velocímetro con la determinada por el audio del UNCa test, en una distancia de 100 metros, con conos cada 20 metros. La entrada en calor consistió en 10 minutos al 60% de la VFA del UNCa test. Luego se realizó una pausa activa de 10 minutos, para movilidad articular, flexibilidad e hidratación. Seguidamente el corredor, inicia la carrera al costado de la bicicleta situándose siempre entre la primer y segunda rueda de la bicicleta, y corriendo siempre por el carril interno de la pista de atletismo. Una vez que se alcanza la velocidad correspondiente al 100% VFA del UNCa test, se inicia el cronómetro, y se sostiene la mayor cantidad de tiempo posible. El test termina, cuando el sujeto, no puede mantener la velocidad impuesta por la bicicleta (situándose entre la primer y segunda rueda de la bicicleta) o cuando el sujeto se detiene por alcanzar la fatiga. Esta forma de medir T-Lim en campo esta descrita en la bibliografía¹¹.

Distancia Límite (D-Lim). Es la cantidad de metros recorridos durante la prueba de T-Lim.

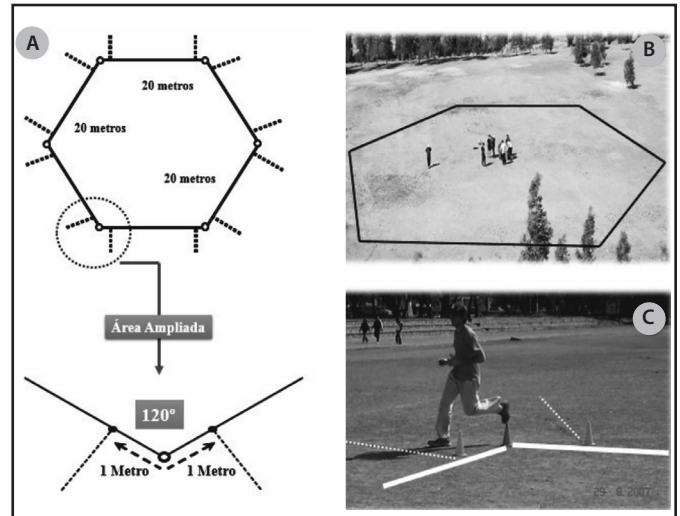
La distancia se obtiene multiplicando la duración del tiempo límite en segundos, por la velocidad expresada en metros por segundos.

$$D-Lim = T-Lim (s) \cdot Vel (m \cdot s^{-1})$$

Análisis estadístico

Los datos fueron presentados en valor promedio y desvío estándar a menos que se especifique lo contrario. Estos fueron analizados usando el paquete estadístico (SPSS) 18.0. Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el test de Levene para corroborar la presencia de normalidad y homocedasticidad en la muestra de estudio. Luego de corroborar la normalidad de los datos se utilizó la prueba T para muestras indepen-

Figura 1. Test UNCa; a) diseño gráfico del hexágono y uno de sus vértices ampliado. b) Fotografía Aérea del Hexágono. c) Uno de los vértices hexagonales.



dientes para determinar diferencias estadísticamente significativas entre sexos en la VFA, T-Lim y D-Lim y otras variables descriptivas. La relación entre el T-Lim, D-Lim y VFA fueron calculadas usando el coeficiente de correlación de Pearson, utilizando el siguiente criterio: 0.1 muy baja; 0.1-0.3, baja; 0.3-0.5, moderada; 0.5-0.7, buena; 0.7-0.9, muy buena; y 0.9-1.0, perfecta²⁵. En todos los casos se aceptó un nivel alfa $p < 0,05$.

Resultados

En la Tabla 1, se describen las características de la muestra, y los valores obtenidos en campo. En el grupo de los hombres, el rango de la VFA fue entre 13 y 18 km·h⁻¹, para el T-Lim, entre 213,0 a 661,0 segundos, y para la D-Lim entre 828,3 a 3121,0 metros. En el grupo de las mujeres, el rango de la VFA fue entre 10 y 14 km·h⁻¹, para el T-Lim, entre 237,0 a 523,0 segundos, y para la D-Lim entre 769,4 a 1743,3 metros.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre sexos, en todas las variables medidas, excepto en la edad, el índice de masa corporal, y el T-Lim (Tabla 1).

Las correlaciones encontrada entre la VFA y el T-Lim fue; para todos los casos $r = 0,29$ ($p > 0,035$), para el grupo de los hombres $r = 0,24$ ($p < 0,112$) y para las mujeres $r = 0,27$ ($p < 0,196$). Las correlaciones encontrada entre la VFA y la D-Lim fue: para todos los casos $r = 0,64$ ($p < 0,001$), para los hombres $r = 0,53$ ($p < 0,002$) y para las mujeres $r = 0,56$ ($p < 0,027$). Las correlaciones encontrada entre el T-Lim y la D-Lim fue; para todos los casos $r = 0,92$ ($p < 0,001$), para los hombres $r = 0,95$ ($p < 0,001$) y para las mujeres $r = 0,95$ ($p < 0,001$). Esta alta correlación se debe a que la D-Lim es dependiente del T-Lim; cuanto más tiempo sostuvieron la carrera, mayor fue la distancia obtenida, independientemente de la VFA que tuviesen.

En la Figura 2 se pueden apreciar los valores individuales de la VFA y T-Lim. Varios sujetos comparten la misma VFA, pero difieren en el T-Lim. Esto también se puede observar en la Figura 3 entre la D-Lim y la VFA.

Figura 2. Valores individuales entre el T-Lim y la VFA.

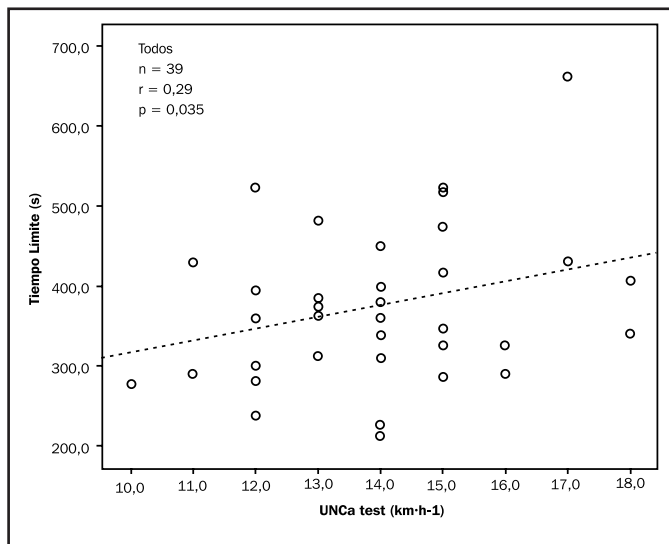


Figura 3. Valores individuales entre el D-Lim y la VFA.

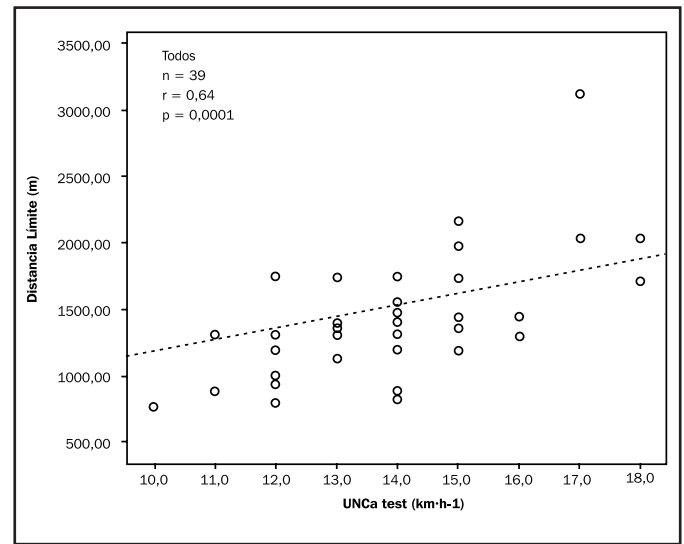


Tabla 2. Resumen de los trabajos de investigación que midieron el tiempo límite en campo utilizando la VFA o la VAM.

Autor	n=	Sexo	VAM (km·h ⁻¹)	VFA (km·h ⁻¹)	Protocolo de Evaluación	Tlim (s)
Billat V. et al. ⁹	10	H	21,6 ± 1,2	-	3 min * 1 km·h ⁻¹	371,0 ± 120
Billat V. et al. ¹¹	7	H	-	20,1 ± 0,7	2 min * 1 km·h ⁻¹	355,0 ± 55
Kachouri M. et al. ²⁸	14	H	-	17,8 ± 1,5	2 min * 1 km·h ⁻¹	483,0 ± 213,0
Berthoin S. et al. ²⁹	74	H	-	14,1 ± 1,6	2 min * 1 km·h ⁻¹	365 ± 102
Billat V. et al. ³⁰	65	M	-	11,4 ± 1,1	2 min * 1 km·h ⁻¹	325 ± 93
	6	H	17,0 ± 1,1	-	4 min * 2 km·h ⁻¹ (1 min pausa)	333,0 ± 116
Demarie et al. ³¹	15	H-M	16,6 ± 1,1	-	3 min * 1 km·h ⁻¹	307,0 ± 183
					(20 s. pausa)	307,0 ± 183
Millet G. et al. ¹⁰	8	H	19,9 ± 0,9	-	1 min * 0,5 km·h ⁻¹	235,6 ± 49,2
Millet G. et al. ³²	7	H	19,8 ± 0,9	-	1 min * 0,5 km·h ⁻¹	243,7 ± 39,5
Heurbert et al. ³³	8	H	16,1 ± 1,4	-	1 min * 3 km·h ⁻¹	373 ± 111
Dupont G. et al. ³⁴	10	H	17,5 ± 1,3	-	2 min * 2 km·h ⁻¹	350,3 ± 68,5
Dupont G. et al. ³⁵	9	H	16,7 ± 1,3	-	1 min * 1,5 km·h ⁻¹	362,0 ± 109,0
Chtarra et al. ³⁶	10	H	-	16,1 ± 1,1	-	312,2 ± 68
	9	H	-	16,1 ± 0,5	-	280,9 ± 55
	10	H	-	16,2 ± 1,0	1 min * 0,5 km·h ⁻¹	274,9 ± 63
	10	H	-	16,2 ± 0,9	-	312,7 ± 57
	9	H	-	16,1 ± 0,8	-	253,9 ± 51
Chaouachi et al. ³⁷	41	-	-	16,2 ± 1,0	1 min * 0,5 km·h ⁻¹	307,2 ± 79,5
Presente	27	H	-	14,8 ± 1,4	1 min * 1 km·h ⁻¹	385,0 ± 99,3
Trabajo	12	M	-	12,0 ± 1,0	1 min * 1 km·h ⁻¹	351,0 ± 79,6

VAM: velocidad aeróbica máxima. VFA: velocidad final alcanzada. TLim: tiempo límite. s: segundos. H: hombres. M: mujeres. min: minutos.

Discusión

El propósito principal del presente trabajo fue estudiar las diferencias entre sexos en la capacidad de resistencia a través del T-Lim

evaluado en campo en adultos jóvenes físicamente activos. Los resultados mostraron que no existen diferencias en el T-Lim entre hombres y mujeres en una muestra de estudiantes de educación física. Sin embargo, debido a una mayor VFA registrada en los varones fue de esperar que

la D-Lim fuera superior en este grupo. Las bajas correlaciones entre el T-Lim y la VFA parecerían indicar que existe una relación muy pobre entre estas dos variables del rendimiento aeróbico. Este aspecto deja en claro que los sujetos que alcanzan las velocidades más altas no son siempre los sujetos que mayor tiempo pueden mantener o sostener esas velocidades.

De acuerdo a la bibliografía, son escasos los trabajos de investigación que contemplaron al sexo femenino. Esto se puede observar en la Tabla 2. En la misma se detallan solo los trabajos de investigación que midieron T-Lim en campo, quedando excluidos los de cinta, debido a que la VAM y/o la VFA puede ser alterada por el tipo de protocolo y el lugar donde fue medida (campo o cinta)^{11,21,26,27}. En la Tabla 2 también se puede observar cómo localizó la velocidad en los diferentes estudios; la VAM de forma directa (analyzer de gases) o la utilización de un test indirecto para estimar la VAM a través de la VFA.

Los valores de T-Lim registrados en el presente estudio fueron similares a los reportados en la Tabla 2. Sin embargo las velocidades de carrera (VAM o VFA) fueron sensiblemente más bajas. Estas diferencias pueden ser atribuidas al tipo de muestra empleada que en la mayoría de los casos eran sujetos entrenados y altamente entrenados. En el único trabajo que se observaron velocidades similares a nuestro estudio, fue el de Berthoin *et al*, sin embargo cabe aclarar que la muestra empleada estuvo constituida por adolescentes de 17 años de edad¹⁶.

Al analizar y comparar el rendimiento físico de nuestros sujetos con los demás estudios notamos diferencias y similitudes en cuanto a dos aspectos del rendimiento aeróbico; por un lado, la "potencia aeróbica" en este caso determinada por la velocidad de carrera y por el otro la "capacidad aeróbica" que tiene que ver con la condición o habilidad para sostener en forma continua hasta la fatiga la velocidad final alcanzada en el test, representada por el T-Lim.

Por lo cual, las diferencias más apreciables son en torno a la velocidad y no la duración del T-Lim. En otras palabras podemos decir, que nuestros sujetos difieren de los demás estudios cuando comparamos la potencia aeróbica expresada en velocidad, mientras que se pueden observar valores similares cuando comparamos la capacidad aeróbica expresado en tiempo.

Otros de los puntos discutibles giran en torno a la aplicabilidad del T-Lim en el entrenamiento aeróbico. Si el interés es estresar el componente cardiorrespiratorio en el área del VO_2max , Billat propone que la repetición debe representar el 60% de la duración del T-Lim⁸. Esto quiere decir que si un sujeto sostuvo 200 segundos la carrera durante el T-Lim, la repetición de entrenamiento debe durar 120 segundos. Este es un interesante concepto para los entrenadores y preparadores físicos. Tanto en los deportes continuos como en los de tipo intermitente, los volúmenes recorridos a intensidades altas de la VAM o VFA son los que definen el calibre del deportista; un corredor de fondo que puede sostener un ritmo de carrera cercano al máximo aeróbico durante la distancia de competencia es un indicador de éxito.

Del mismo modo que un futbolista o jugador de rugby con un volumen total a alta intensidad, aun cuando cada repetición no implique más de 30 metros, son indicadores de éxito en su disciplina. Por lo cual esta propuesta no debería ser pasada por alto.

Para comprender mejor la propuesta de Billat, en la Tabla 3 hemos tomado tres casos masculinos de nuestro estudio que obtuvieron la misma VFA; 15 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Tabla 3. Ejemplificación del armado de una repetición a partir de la duración del tiempo límite en 3 sujetos masculinos, con la misma VFA.

Sujeto	VFA ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	Tlim (s)	DLim (m)	Repetición (m)	(60% Tlim) (s)
2	15	416	1733,3	1040	250
3	15	521	2170,8	1302	313
17	15	326	1358,3	815	196

s: segundos. m: metros.

Los tres sujetos tienen la misma VFA de campo (15 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), pero difieren en el T-Lim. El sujeto 2, logro sostener la carrera 90 segundos más (27%), comparado con el sujeto 17, pero 105 segundos menos que el sujeto 3 (-25%). Por otro lado el sujeto 3 logro sostener la carrera 195 segundos más comparada con el sujeto 17 (60%). Debido a esta variabilidad, Billat propone confeccionar la carrera según la duración del T-Lim. Como se observa en la Tabla 3, a cada sujeto le corresponde una distancia personal de entrenamiento. Si esta propuesta, la comparamos con otra como por ejemplo 10 repeticiones de 400 metros, podemos decir que solamente se confeccionó el entrenamiento teniendo en cuenta la velocidad de carrera y no la capacidad de resistencia. Por lo cual la propuesta de Billat debería ser tenida en cuenta ya que permite individualizar la carga de trabajo de manera más específica, especialmente aquellas carreras de alta intensidad (área del VO_2max). Además también le proporciona al preparador físico, otra modalidad de trabajo generando diversidad en el entrenamiento aeróbico.

A partir de la propuesta de Billat, otros autores han llevado a cabo diferentes alternativas. Millet *et al*, utilizaron la duración total del T-Lim para confeccionar carreras de tipo continuo variable¹⁰. Efarjani *et al*, también confeccionaron 2 modalidades de trabajo, a partir del T-Lim, con intensidades entre el 100 y 130% de la VAM. Luego de 10 semanas de entrenamiento, observaron mejoras en la VAM, la velocidad umbral, la marca deportiva (3000 metros) y el T-Lim¹⁴. Smith *et al*, compararon los efectos del entrenamiento entre 2 grupos utilizando 2 propuestas de trabajo; un grupo confeccionó la repetición utilizando el 60% del T-Lim, mientras que el otro grupo utilizó el 70%, siendo este último el que obtuvo mayores mejoras¹². Heubert *et al*, utilizaron diferentes porcentajes del T-Lim para confeccionar la repetición de trabajo (25%, 50% y 75%) variando la intensidad en un rango entre el 90 y 115% de la VAM¹³.

Las diferentes propuestas citadas en el párrafo anterior, comprueban que el T-Lim, es un criterio válido para establecer volúmenes de trabajos individuales, en el área del VO_2max , por lo cual los entrenadores no deberían descartar esta propuesta en los entrenamientos aeróbicos, además de medir la capacidad de resistencia junto con otras variables relacionadas a la potencia aeróbica (VO_2max y VAM).

A partir de los resultados obtenidos se concluye que para la muestra analizada el T-Lim no fue diferente entre sexos y la correlación entre la VFA y T-Lim fue baja. Por otro lado, se pudo observar una gran variabilidad en el T-Lim entre sujetos con una misma VFA. Esto señala que el T-Lim es un indicador importante para individualizar los volúmenes de entrenamiento de una sesión. Sería importante replicar este estudio en poblaciones deportivas para observar si esta diferencia se mantiene entre hombres y mujeres.

Aplicaciones prácticas

El T-Lim puede ser utilizado para medir la capacidad de resistencia aeróbica entre sujetos, y también para fraccionar cargas de trabajo buscando diversidad en el entrenamiento aeróbico en el área del VO_2 max. Si bien puede tomarse como una limitación la metodología indirecta, es la que usan la gran mayoría de entrenadores y preparadores físicos para dosificar las cargas del entrenamiento. De ahí su utilidad.

Agradecimientos

A los alumnos que amablemente participaron en el estudio.

Bibliografía

1. Astrand PO. Quantification of exercise capability and evaluation of physical capacity in mans. *Prog Cardiovasc Dis*. 1976;1:51-67.
2. Lortie G, Simoneau JA, Hamel P, Boulay MR, Bouchard C. Responses of maximal aerobic power and capacity to aerobic training. *Int J Sports Med*. 1984;5:232-6.
3. Bouchard C, Lesage R, Lortie G, Simoneau JA, Hamel P, Boulay MR, et al. Aerobic performance in Brothers; dizygotic, and monozygotic twins. *Med Sci Sports Exerc*. 1986; 6:639-46.
4. Bassett DR, Howley ET. Maximal oxygen uptake: Classical versus contemporary viewpoints. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29:591-603.
5. Hill, A. V. Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Q. J. Med*. 1923;16:135-71.
6. Jones AM. A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br J Sports Med* 1998;32:39-43.
7. Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobics fitness. *Sports Med*. 2000;29:373-86.
8. Billat V. Entrenamiento Deportivo. En; *Fisiología y Metodología del Entrenamiento*. Editor: Paidotribo. Barcelona; 2002; pp. 141-50.
9. Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Reproducibility of running time to exhaustion at VO_{2max} in subelite runners. *Arch Int Physiol Biochim Biophys*. 1994; 102:215-9.
10. Millet GP, Candau R, Fattori P, Bignet F, Varray A. VO_2 responses to different intermittent runs at velocity associated with VO_{2max} . *Can J Appl Physiol*. 2003;28:410-23.
11. Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B and Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem*. 1996; 104:313-21.
12. Heubert R1, Bocquet V, Koralsztein JP, Billat V. Effect of 4 weeks of training on the limit time at VO_{2max} . *Can J Appl Physiol*. 2003;28:717-36.
13. Smith TP, Coombes JS, Geraghty DP. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O_2 uptake and the time for which this can be maintained. *European Journal of Applied Physiology*. 2003;89:337-43.
14. Esfarjani F, Laursen P. Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO_{2max} , the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007;10:27-35.
15. Demarie S, Koralsztein JP, Billat V. Time Limit and time VO_{2max} during a continuous and intermittent run. *J.Sports Med.Phys.Fitness* 2000;40:96-102.
16. Berthoin S, Baquet G, Manteca F, Lensele-Corbeil G, Gerbeaux M. Maximal Aerobic Speed and Running Time to exhaustion for children 6 to 17 years old. *Ped Exerc Science* 1996; 8:234-44.
17. Lacour JR, Padilla S, Arsac L, Chatard JC, Barthélémy JC. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;62:77-82.
18. García GC., Secchi JD., Cappa DF. Comparison of the maximal oxygen uptake predictive using different incremental field test: UMTT, VAM-EVAL and 20m-SRT. *Arc Med Deporte*, 2013;30:156-62.
19. Secchi JD, García GC. Cardiorespiratory fitness and cardiometabolic risk in young adults. *Rev Esp Salud Pública*. 2013;87:35-48.
20. García GC., Secchi JD, Arcuri CR. Comparison of the reached speeds between two test of field of similar characteristic: VAM-EVAL and UMTT. *Rev Andal Med Deporte*. 2014;7: 74-80.
21. Cappa DF, García GC, Secchi JD, Maddigan ME Relationship Between the Maximal Aerobic Speed of Laboratory and the Final Speed Reached in a Field Test, with Same Protocols UNCa Test. *Journal Medicine Sport and Physical Fitness*. 2014;54:424-431.
22. Steward L., Marfell-Jones M. *International Standards for Anthropometric Assessment*. International society for the advancement of kinanthropometry (ISAK). Editor: International Society for the Advancement of Kinanthropometry, New Zealand, 2011.
23. García GC, Secchi JD. Relationship between the final speeds reached in the 20 metre Course Navette and the VAM-EVAL test. A proposal to predict the maximal aerobic. *Apunts Med Esport*. 2013;48:27-34.
24. García GC. Audio del UNCa test. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Catamarca. 2007. [Access: Marzo 13, 2017]. Available in: <https://g-se.com/es/entrenamiento-en-rugby/blog/audio-del-unca-test>.
25. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:3-13.
26. Flouris AD, Koutedakis Y, Nevill A, Metsios GS, Tsiotra G, Parasiris Y. Enhancing specificity in youth-design for the assessment of bioenergetics. *J Sci Med Sport*. 2004; 7:197-204.
27. García GC, Secchi JD, Arcuri CR. Relación entre las velocidades finales alcanzadas en los test UMTT y UNCa en sujetos masculinos. *Apunts Med Esport*. 2016;51:48-54.
28. Kachouri M1, Vandewalle H, Huet M, Thomaidis M, Jousselin E, Monod H. Is the exhaustion time at maximal aerobic speed an index of aerobic endurance? *Arch Physiol Biochem*. 1996;104:330-6.
29. Berthoin S., Gerbeaux M., Guerrin F., Lensele-Corbeil G., Vandendorpe F. Estimation de la VMA. *Science & Sports*. 1992;7:85-91.
30. Billat VL, Blondel N, Berthoin S. Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;80:159-61.
31. Demarie S, Koralsztein JP, Billat V. Time limit and time at VO_{2max} during a continuous and an intermittent run. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40:96-102.
32. Millet GP, Libicz S, Borrani F, Fattori P, Bignet F, Candau R. Effects of increased intensity of intermittent training in runners with differing VO_2 kinetics. *Eur J Appl Physiol*. 2003; 90:50-7.
33. Heubert Heubert R, Bocquet V, Koralsztein JP, Billat V. Effect of 4 weeks of training on the limit time at VO_{2max} . *Can J Appl Physiol*. 2003;28:717-36.
34. Dupont G, Blondel N, Berthoin S. Time spent at VO_{2max} : a methodological issue. *Int J Sports Med*. 2003;24:291-7.
35. Dupont G, Blondel N, Lensele G, Berthoin S. Critical velocity and time spent at a high level of VO_2 for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Can J Appl Physiol*. 2002;27:103-15.
36. Chtara M, Chamari K, Chaouachi M, Chaouachi A, Koubaa D, Feki Y, et al. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br J Sports Med*. 2005;39:555-60.
37. Chaouachi M, Chaouachi A, Chamari K, Chtara M, Feki Y, Amri M, et al. Effects of dominant somatotype on aerobic capacity trainability. *Br J Sports Med*. 2005;39:954-9.

Espíritu **UCAM** Espíritu Universitario

Miguel Ángel López

Campeón del Mundo en 20 km. marcha (Pekín, 2015)
Estudiante y deportista de la UCAM



- **Actividad Física Terapéutica** ⁽²⁾
- **Alto Rendimiento Deportivo:**
 - **Fuerza y Acondicionamiento Físico** ⁽²⁾
- **Performance Sport:**
 - **Strength and Conditioning** ⁽¹⁾
- **Audiología** ⁽²⁾
- **Balneoterapia e Hidroterapia** ⁽¹⁾
- **Desarrollos Avanzados**
 - **de Oncología Personalizada Multidisciplinar** ⁽¹⁾
- **Enfermería de Salud Laboral** ⁽²⁾
- **Enfermería de Urgencias,**
 - **Emergencias y Cuidados Especiales** ⁽¹⁾
- **Fisioterapia en el Deporte** ⁽¹⁾
- **Geriatría y Gerontología:**
 - **Atención a la dependencia** ⁽²⁾
- **Gestión y Planificación de Servicios Sanitarios** ⁽²⁾
- **Gestión Integral del Riesgo Cardiovascular** ⁽²⁾
- **Ingeniería Biomédica** ⁽¹⁾
- **Investigación en Ciencias Sociosanitarias** ⁽²⁾
- **Investigación en Educación Física y Salud** ⁽²⁾
- **Neuro-Rehabilitación** ⁽¹⁾
- **Nutrición Clínica** ⁽¹⁾
- **Nutrición y Seguridad Alimentaria** ⁽²⁾
- **Nutrición en la Actividad Física y Deporte** ⁽¹⁾
- **Osteopatía y Terapia Manual** ⁽²⁾
- **Patología Molecular Humana** ⁽²⁾
- **Psicología General Sanitaria** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Presencial ⁽²⁾ Semipresencial