

# apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

[www.apunts.org](http://www.apunts.org)



ORIGINAL

## Relación de las velocidades finales alcanzadas entre el Course Navette de 20 metros y el test de VAM-EVAL. Una propuesta para predecir la velocidad aeróbica máxima

Gastón César García<sup>a,b,c,\*</sup> y Jeremías David Secchi<sup>d,e</sup>

<sup>a</sup> Instituto Superior de Formación Docente, Mercedes Tomasa de San Martín de Balcarce 9-003, San Rafael, Mendoza, Argentina

<sup>b</sup> Fundación Social y Educativa, San Luis, Argentina

<sup>c</sup> San Jorge Rugby Club, San Rafael, Mendoza, Argentina

<sup>d</sup> Profesorado de Educación Física, Universidad Adventista del Plata, Libertador San Martín, Entre Ríos, Argentina

<sup>e</sup> Departamento de Deportes, Municipalidad de Libertador San Martín, Entre Ríos, Argentina

Recibido el 13 de septiembre de 2011; aceptado el 21 de noviembre de 2011

Disponible en Internet el 3 de febrero de 2012

### PALABRAS CLAVE

Test de campo;  
VO<sub>2</sub>máx;  
Test Course Navette  
de 20 metros;  
Velocidad aeróbica  
máxima

### Resumen

**Introducción:** El propósito de este estudio fue proponer una tabla de corrección para la predicción de la velocidad aeróbica máxima (VAM) a partir del test de Course Navette de 20 metros (CN-20m) en ambos sexos.

**Material y métodos:** Setenta y siete sujetos (46 hombres y 31 mujeres), estudiantes de educación física, participaron voluntariamente. Fueron evaluados en 3 ocasiones. En primer lugar se realizó la evaluación antropométrica en laboratorio. En las siguientes dos oportunidades fueron evaluados aleatoriamente en campo con el test de CN-20m y el test de VAM-EVAL (T-VAM). Las diferencias y relaciones entre las velocidades y otras características cuantitativas de ambos test fueron analizadas aplicando la prueba T para muestras relacionadas y el coeficiente de correlación de Pearson, respectivamente. Se utilizó el análisis de regresión lineal para confeccionar la tabla de corrección para la predicción de la VAM.

**Resultados:** Los resultados mostraron que las velocidades alcanzadas en el T-VAM ( $14,0 \pm 1,4$  y  $11,6 \pm 1,0$  km/h, para hombres y mujeres) fueron significativamente superiores a las obtenidas en el CN-20m ( $12,0 \pm 0,8$  y  $10,3 \pm 0,6$  km/h, para hombres y mujeres) ( $p < 0,0001$ ). La relación entre las velocidades fue alta para los varones ( $r = 0,87$ ) y moderada a alta para las mujeres ( $r = 0,77$ ). La ecuación de regresión lineal para predecir la VAM a partir de la velocidad alcanzada en el CN-20m fue  $(1,468 \cdot V_{\text{máx}}) - 3,597$  en hombres y  $(1,2 \cdot V_{\text{máx}}) - 0,7$  en mujeres.

**Conclusión:** Hombres y mujeres alcanzaron velocidades significativamente superiores en el T-VAM comparado con el CN-20m.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [garciagaston@yahoo.com.ar](mailto:garciagaston@yahoo.com.ar) (G.C. García).

**KEYWORDS**

Field Test;  
 VO<sub>2</sub>max;  
 Course Navette 20  
 metres Test;  
 Maximal aerobic  
 speed

## Relationship between the final speeds reached in the 20 metre Course Navette and the MAS-EVAL test. A proposal to predict the maximal aerobic speed

**Abstract**

**Introduction:** The purpose of the study was to propose a correction chart for the prediction of the maximal speed aerobic (MAS) in the Course Navette of 20 metre test (CN-20 m) in both sexes.

**Material and methods:** A total of 77 subjects (46 men and 31 women), physical education students, participated voluntarily. They were evaluated on 3 occasions, the first of which was an anthropometric assessment in the laboratory. On the following two occasions they were randomly assessed in the field using the CN-20 m test and the MAS-EVAL (T-MAS) test. The differences and relationships between the speeds and other quantitative characteristics of both tests were analysed by applying the Student *t* test for related samples, and the Pearson correlation coefficient. A linear regression analysis was performed to prepare the correction chart for prediction of the MAS.

**Results:** The results showed that the speeds reached in the T-MAS ( $14.0 \pm 1.4$  km/h in men and  $11.6 \pm 1.0$  km/h in women) were significantly higher than those obtained in the CN-20 m ( $12.0 \pm 0.8$  km/h in men and  $10.3 \pm 0.6$  km/h in women) ( $P < .0001$ ). There was a high correlation between the speeds for the males ( $r = 0.87$ ) and moderate to high for the women ( $r = 0.77$ ). The linear regression equation to predict the MAS starting from the speed reached in the CN-20 m was  $(1.468 \cdot V_{max}) - 3.597$  in men, and  $(1.2 \cdot V_{max}) - 0.7$  in women.

**Conclusions:** Men and women reached significantly higher speeds in the T-MAS in comparison with the CN-20 m test.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

**Introducción**

La determinación de la velocidad aeróbica máxima (VAM) en atletas, ya sea en deportes de conjunto o en deportes individuales, es de gran utilidad para los entrenadores y preparadores físicos. Dicha velocidad es utilizada para planificar, controlar y establecer cargas de entrenamiento. Lacour, en 1991, define la VAM como la velocidad mínima a la cual se alcanza el máximo consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx)<sup>1</sup>. Este parámetro fisiológico es importante porque implica conocer a qué velocidad de carrera el deportista está entrenando con la máxima activación del metabolismo aeróbico. Esta es una de las razones por la cual la VAM ha sido estudiada y analizada por varios investigadores y entrenadores a lo largo de las últimas décadas<sup>2-28</sup>.

La VAM puede ser medida de forma directa en campo y en laboratorio, pero esto conlleva la utilización de analizadores de gases que hacen que su evaluación sea muy costosa y, por ende, no accesible para la mayoría de los centros deportivos. Por este motivo se han creado diferentes tests de campo que pueden estimar con suficiente precisión la VAM. Si bien existe una gran variedad de tests de campo, son pocos los que se han confeccionado para estimar la VAM. Dentro del universo de los tests continuos y máximos encontramos el test de 5 min<sup>2</sup>. De los tests incrementales encontramos el test de Bordeaux con un protocolo de 3 min × 1 km/h con 1 min de pausa<sup>8</sup>, y dentro de los tests incrementales continuos máximos encontramos: el test UMTT, con un protocolo de 2 min × 1 km/h<sup>29</sup>; el test UMTT-Brue, con un protocolo de 30 s × 0,25 km/h<sup>30</sup>; el test de VAM-EVAL, con un protocolo de 1 min × 0,5 km/h<sup>31</sup>, y recientemente en Argentina el UNCa test, con un protocolo

de 1 min × 1 km/h<sup>32</sup>. Sin embargo, estos tests no midieron la VAM en campo, sino que relacionaron la velocidad final alcanzada en campo con la VAM de laboratorio. Por tal motivo, sería más preciso hablar de VAM predictiva (VAMp) cuando se utiliza la velocidad final alcanzada en un test de campo, y solamente de VAM cuando se emplea medición directa con un analizador de gases portátil.

A la hora de utilizar los tests citados siempre es necesario contar con una pista de atletismo de 200, 300 o 400 m. Esto es realmente problemático, especialmente para los preparadores físicos de deportes de conjunto de cancha grande (rugby, fútbol y hockey), porque en el club no cuentan con este tipo de instalaciones (pista y dispositivos de audio de largo alcance). Por tal razón, los entrenadores optan por utilizar otros tests. El de mayor difusión y ampliamente utilizado por los profesionales de las ciencias del ejercicio ha sido el test de CN-20 m<sup>33,34</sup>. Dicho test tiene como objetivo predecir el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx)<sup>35-37</sup>: la máxima cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo<sup>38</sup>. El CN-20 m es de bajo costo, de fácil aplicación y también permite medir una gran cantidad de sujetos al mismo tiempo<sup>35-37,39</sup>. Además, el test ha demostrado ser un buen predictor del VO<sub>2</sub>máx en un rango de edades importante (8 a 45 años), obteniendo los siguientes correlaciones: (adultos  $r = 0,90$ )<sup>4</sup>, (niños  $r = 0,71$  y adultos  $r = 0,90$ )<sup>36</sup>, (adultos  $r = 0,89$ )<sup>37</sup>, (adultos  $r = 0,93$ )<sup>40</sup>, (adultos  $r = 0,90$ )<sup>41</sup>, (adultos  $r = 0,61$ )<sup>42</sup>, (adolescentes  $r = 0,96$ )<sup>43</sup>. El motivo principal de su gran difusión es que el test se toma en un espacio reducido de 20 m lineales. De esta forma, los entrenadores solucionan el problema de la pista de atletismo. De todos modos, debido a esta característica, el test subestima significativamente la

**Tabla 1** Características generales de los sujetos

Variables	Hombres n = 46	Mujeres n = 31
Edad (años)	24,6 ± 3,5	22,6 ± 3,3
Talla (m)	1,75 ± 0,07	1,63 ± 0,6
Peso (kg)	77,3 ± 8,36	62,4 ± 7,7
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,1 ± 2,3	23,4 ± 3,1
Pliegue tríceps (mm)	9,5 ± 4,0	17,9 ± 5,5
Pliegue abdominal (mm)	18,9 ± 7,5	20,8 ± 7,1
Pliegue pantorrillas (mm)	8,3 ± 3,8	16,1 ± 5,4

VAM, ya que el sujeto se ve obligado a frenar, girar y arrancar en dirección contraria<sup>4,31,36,39,42,44-47</sup>. Por esta razón, Cazorla y Leger<sup>31</sup> proponen dos opciones: tomar el mismo test, con un recorrido continuo, conocido como el T-VAM, ampliamente aceptado por evaluadores y entrenadores<sup>10,11,45,48-50</sup>, o utilizar una tabla de corrección, para estimar la VAM desde el CN-20 m<sup>31</sup>. La diferencia entre ambos tests depende de la velocidad del palier<sup>1</sup> alcanzado. Esta discrepancia oscila entre el 3 y el 27%<sup>31</sup>.

No hemos logrado encontrar trabajos publicados que hayan estudiado las diferencias y relaciones que existen entre el test de CN-20 m con etapas de 1 min<sup>36</sup> y el T-VAM<sup>31</sup> en mujeres. Además, este sería el primer estudio publicado en Argentina en adultos físicamente activos (hombres y mujeres) que compare y relacione las velocidades alcanzadas en ambos tests.

El objetivo principal de esta investigación fue proponer una tabla de predicción de la VAM a partir de la velocidad final alcanzada del CN-20 m para la prescripción de cargas de entrenamiento, en adultos mayores de 18 años, para ambos sexos.

El segundo objetivo fue comparar la tabla de predicción de Cazorla y Leger<sup>31</sup> con el presente estudio.

## Materiales y métodos

El estudio fue realizado en las instalaciones de la Fundación Social y Educativa de la ciudad de San Luis, Argentina. Las evaluaciones fueron llevadas a cabo durante dos semanas en octubre de 2010.

## Sujetos

Setenta y siete sujetos voluntarios (46 hombres y 31 mujeres), estudiantes de educación física, participaron en esta investigación. Las características de la muestra se encuentran en la *tabla 1*. Fueron excluidos del estudio los que no cumplieron con las siguientes características: tener más de 18 años de edad, no tener ningún tipo de lesión neuromuscular y/o enfermedad cardiorrespiratoria, no tener experiencia en los dos tests propuestos, y realizar como

mínimo 3 veces a la semana 2 h de actividad física. 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.

## Evaluación

Todos los sujetos fueron evaluados en 3 ocasiones. En el primer encuentro se realizó la evaluación antropométrica en el laboratorio. En el segundo encuentro los sujetos fueron divididos en dos grupos: el grupo de los hombres y el de mujeres. A su vez, cada grupo fue dividido al azar en dos. La mitad de los sujetos de cada grupo se evaluó con el CN-20 m y la otra mitad con el T-VAM. En el tercer encuentro se evaluó de forma inversa. El tiempo de descanso entre los tests fue de una semana.

## Antropometría

Se midió el peso corporal, la talla de pie y 3 pliegues cutáneos (tricipital, abdominal y pantorrilla). Las mediciones fueron llevadas a cabo según las normas de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK)<sup>51</sup>. Para la medición de pliegues cutáneos se utilizó un plícometro Slimgay de la línea Rosscraft. Se calculó el índice de masa corporal (IMC, kg/m<sup>2</sup>) dividiendo el peso corporal del sujeto por su estatura expresada en metros al cuadrado.

## Test Course Navette

La velocidad inicial del test es de 8,5 km/h, y se incrementa a razón de 0,5 km/h. La duración de las etapas es de 1 min. El recorrido del test se realiza en una distancia de 20 m. La velocidad es impuesta por una señal sonora cada 20 m. La velocidad registrada es la alcanzada en la última etapa completa. No se consideraron las etapas incompletas. Para el cálculo del VO<sub>2</sub>máx predictivo se utilizó la fórmula de Leger: VO<sub>2</sub>máx = (6 · velocidad) – 27,4.

## Test de VAM-EVAL

La velocidad inicial del test es de 8,5 km/h, y se incrementa a razón de 0,5 km/h. La duración de las etapas es de 1 min. El recorrido del test se realiza en una pista de 200 m<sup>31</sup>. La velocidad es impuesta por una señal sonora cada 20 m. La velocidad registrada es la alcanzada en la última etapa completa. No se consideraron las etapas incompletas. Para el cálculo del VO<sub>2</sub>máx predictivo se utilizó tabla de Cazorla<sup>31</sup>.

Las etapas incompletas no fueron tenidas en cuenta para el análisis. Durante las evaluaciones no se utilizó un analizador de gases portátil en ninguno de los tests administrados.

## Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico SPSS 18.0. Se aplicó estadística descriptiva para el cálculo de frecuencia, media, desviación estándar, valor máximo y mínimo. Para determinar las diferencias significativas en las velocidades alcanzadas y otras características cuantitativas entre el test de CN-20 m y el T-VAM se utilizó la prueba T para muestras relacionadas. La relación entre las velocidades alcanzadas se calculó usando el coeficiente

<sup>1</sup> En el 1° palier alcanzado (1° etapa), que es de 8,5 km/h, hay una diferencia de un 3% entre ambos test. A medida que los sujetos alcanzan mayores velocidades en el T-VAM, aumenta esta diferencia. En el último palier (ÚLTIMA ETAPA), la diferencia es de un 27%.

**Tabla 2** Comparación entre el Curse Navette y el test VAM-EVAL

Variables	CN-20 m Media $\pm$ DE	T-VAM Media $\pm$ DE	p
<b>Hombres (n = 46)</b>			
Velocidad (km/h)	12,0 $\pm$ 0,8	14,0 $\pm$ 1,4	0,0001
Distancia (m)	1.388,3 $\pm$ 347,7	2.301,3 $\pm$ 677,7	0,0001
Tiempo (min)	8,0 $\pm$ 1,7	11,9 $\pm$ 2,8	0,0001
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	44,6 $\pm$ 5,0	49,1 $\pm$ 4,9	0,0001
<b>Mujeres (n = 31)</b>			
Velocidad (km/h)	10,3 $\pm$ 0,6	11,6 $\pm$ 1,0	0,0001
Distancia (m)	725,8 $\pm$ 228,2	1242,6 $\pm$ 402,2	0,0001
Tiempo (min)	4,5 $\pm$ 1,3	7,1 $\pm$ 2,0	0,0001
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	34,1 $\pm$ 3,8	40,7 $\pm$ 2,0	0,0001

de correlación de Pearson. En todos los casos se aceptó un nivel alfa  $p < 0,05$ . Se utilizó análisis de regresión lineal para confeccionar la tabla de predicción de VAMp para hombres y mujeres por separado.

## Resultados

La muestra que participó en esta investigación estuvo conformada por estudiantes de educación física que cursaban de 2.º a 4.º año. Las características generales aparecen en la [tabla 1](#).

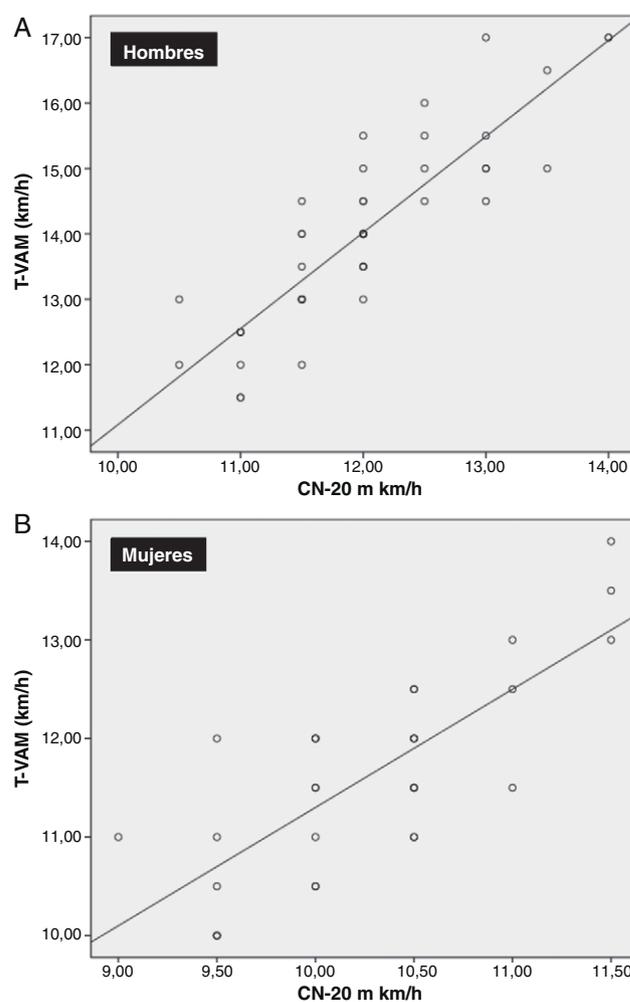
En la [tabla 2](#) se pueden apreciar las características y las diferencias obtenidas entre el CN-20 m y el T-VAM para ambos sexos. El rango de velocidades alcanzadas en el CN-20 m fue, para el grupo de hombres, entre 10,5 y 14 km/h, y para el grupo de mujeres, entre 9,0 y 11,5 km/h. El rango de velocidades alcanzadas en el T-VAM fue, para el grupo de hombres, entre 11,5 y 17 km/h, y para el grupo de mujeres, entre 10,0 y 14,0 km/h.

En el grupo de los hombres los valores fueron siempre mayores en el T-VAM con respecto al CN-20 m. La velocidad fue mayor en un 16,6%, equivalente a 2,0 km/h. Recorrieron mayor distancia en un 65,7%, equivalente a 913,0 m promedio, y estuvieron mayor tiempo en un 49,3%, equivalente a 3,9 min promedio. El VO<sub>2</sub>máx predictivo fue superior en un 10,1%, equivalente 4,5 ml/kg/min. Las correlaciones encontradas entre el CN-20 m y el T-VAM fueron, para la velocidad (km/h),  $r = 0,87$ ; para la distancia (metros),  $r = 0,86$ ; para el VO<sub>2</sub>máx predictivo (ml/kg/min),  $r = 0,87$ , y para el tiempo de duración del test (minutos),  $r = 0,84$ .

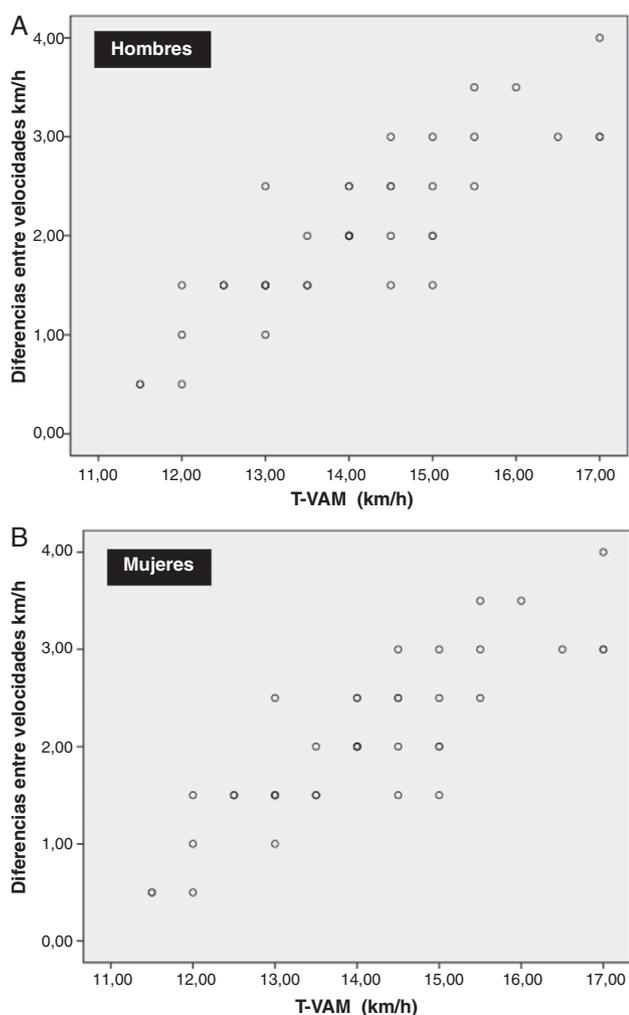
En el grupo de las mujeres se apreció la misma tendencia. La velocidad fue mayor en un 12,6%, equivalente a 1,3 km/h. Recorrieron mayor distancia, un 71,2%, equivalente a 516,7 m promedio, y estuvieron mayor tiempo, un 59,6%, equivalente a 2,7 min promedio. El VO<sub>2</sub>máx predictivo fue superior en un 18,9%, equivalente a 6,5 ml/kg/min. Las correlaciones encontradas entre el CN-20 m y el T-VAM fueron, para la velocidad (km/h),  $r = 0,77$ ; para la distancia (metros),  $r = 0,78$ ; para el VO<sub>2</sub>máx predictivo (ml/kg/min),  $r = 0,77$ , y para el tiempo de duración del test (minutos),  $r = 0,78$ .

Además, las diferencias de velocidades entre los tests fueron significativamente mayores en los hombres en comparación con las mujeres ( $p < 0,0001$ ).

La relación entre las velocidades alcanzadas en ambos tests puede observarse en la [figura 1A](#) (hombres) y en la [figura 1B](#) (mujeres). Cada círculo representa entre 1 y 4 sujetos. Este modelo de regresión, que tuvo una predicción del 76% ( $R^2 = 0,76$ ), mostró que cuando en el test de CN-20 m los sujetos varones incrementan la velocidad en 1 km/h se



**Figura 1** Relación alcanzada entre el CN-20 m y el T-VAM. a) hombres; b) mujeres.



**Figura 2** Tendencias entre ambos test. a) hombres; b) mujeres.

estima que en promedio alcanzaron velocidades 1,5 km/h superiores en el test de T-VAM, y se puede afirmar con el 95% de seguridad que el verdadero incremento podría estar entre 1,21 y 1,72 km/h ( $p=0,0001$ ).

En el caso de las mujeres, el modelo de regresión tuvo una predicción del 60% ( $R^2=0,60$ ); cuando en el test de CN-20 m estas incrementan la velocidad en 1 km/h se estima que en promedio alcanzaron velocidades 1,2 km/h superiores en el test de T-VAM, y se puede afirmar con el 95% de seguridad que el verdadero incremento podría estar entre 0,83 y 1,58 km/h ( $p=0,0001$ ).

En las [figura 2A](#) y [B](#) se puede apreciar la siguiente tendencia: a medida que la velocidad alcanzada en el T-VAM aumenta, también las diferencias en las velocidades finales alcanzadas entre ambos test se incrementan, aunque cabe aclarar que las diferencias de velocidades son menores en las mujeres que en los hombres.

## Discusión

Después de haber realizado una extensa revisión bibliográfica a través de Pubmed, Medline SPORTDiscus, Scopus, y

también solicitado colaboración con autores extranjeros vía *e-mail*, podemos decir que, hasta donde podemos saber, este es el primer trabajo de investigación a nivel mundial que incluye mujeres para la comparación entre el CN-20 m y el T-VAM. Nuestro trabajo es el primer estudio que comprobó que las mujeres alcanzaron velocidades significativamente superiores, porque los otros estudios solo utilizaron hombres. A su vez, en nuestro país es el primer trabajo de investigación en el que se compararon las velocidades alcanzadas entre ambos test. Esto es de gran relevancia, ya que abre una nueva puerta e invita a otros entrenadores a investigar sobre esta temática.

En este estudio los hombres alcanzaron una velocidad significativamente mayor en el T-VAM con respecto al CN-20 m. Esto coincide con los resultados de otros trabajos de investigación ([tabla 3](#)). Ahmaidi<sup>45</sup> utilizó solamente hombres, y encontró una diferencia del 18,0% mayor con respecto al CN-20 m. Es oportuno destacar que este es el único trabajo de investigación que se pudo encontrar publicado con el T-VAM.

Los trabajos de Flouris et al.<sup>42,46,47</sup> no utilizaron el T-VAM, pero emplearon el mismo audio y protocolo (1 min  $\times$  0,5 km/h), modificando el recorrido del CN-20 m para adaptarlo a un cuadrado de 20  $\times$  20 m llamado *Shuttle Squared Test*. En todos los trabajos de Flouris et al.<sup>42,46,47</sup> siempre se encontraron mayores velocidades que en el *Shuttle Squared Test* con respecto al CN-20 m. En el estudio de Flouris et al.<sup>42</sup> se utilizó una muestra de 50 sujetos masculinos divididos en dos grupos. En el grupo 1 ( $n=40$ ) encontró una diferencia mayor del 17,8% con el *Shuttle Squared Test* con respecto al CN-20 m, y en el grupo 2 ( $n=10$ ) encontró una diferencia mayor del 9,7% con el *Shuttle Squared Test* con respecto al CN-20 m. De manera similar, en una muestra de 40 sujetos masculinos Metsios et al.<sup>46</sup> encontraron una diferencia mayor del 17,0% con el *Shuttle Squared Test*. En un estudio más reciente, Metsios et al.<sup>47</sup>, en una muestra de 74 sujetos masculinos, encontraron una diferencia mayor del 16,2% con el *Shuttle Squared Test* con respecto al CN-20 m. Podemos apreciar que las diferencias porcentuales entre las velocidades en el estudio de Ahmaidi et al.<sup>45</sup> fueron similares a las encontradas en el grupo de los hombres de nuestro estudio. Cabe aclarar que en los trabajos de Flouris y Metsios<sup>42,46,47</sup>, si bien no utilizaron el T-VAM, las diferencias porcentuales entre las velocidades encontradas con el *Shuttle Square Test* son similares a las encontradas en nuestro trabajo.

Ningún trabajo de investigación ha podido encontrar que la velocidad final del CN-20 m sea mayor que el T-VAM en hombres. Otros autores, utilizando el mismo protocolo, tampoco han podido encontrar que la velocidad final del CN-20 m sea mayor si se modifica el recorrido, aunque sea en un cuadrado. Por lo tanto, nuestros datos coinciden con los trabajos de investigación citados, y queda claro que el hecho de frenar y arrancar influye considerablemente en la velocidad final alcanzada.

Nuestro último punto de discusión tiene que ver con la tabla propuesta por Cazorla y Leger<sup>31</sup>. Como se puede apreciar en la [figura 3](#), los datos obtenidos en nuestro estudio a partir de la creación de regresión lineal son afines. Por este motivo, creemos que la muestra de Cazorla<sup>31</sup> presentaba características similares a las de los sujetos del presente estudio.

**Tabla 3** Diferencias en las velocidades alcanzadas entre el test de Course Navette versus otros test de igual protocolo (1 min × 0,5 km/h)

Autor (año)	Muestra	Sexo	Test utilizado	Protocolo	Velocidad (km/h)	Diferencia	
						%	km/h
Ahmaidi (1992) <sup>45</sup>	N = 12		Course Navette Test VAM-EVAL	1 min × 0,5 km/h	13,3 ± 02	+ 18,0	2,4
Flouris (2004) <sup>42</sup>	N = 40	Hombre	Course Navette	1 min × 0,5 km/h	15,7 ± 03	+ 17,8	2,2
			Shuttle Square	1 min × 0,5 km/h	12,3 ± 0,1		
Metsios (2006) <sup>46</sup>	n = 10	Hombre	Course Navette	1 min × 0,5 km/h	13,4 ± 0,7	+ 9,7	1,3
			Shuttle Square	1 min × 0,5 km/h	14,7 ± 1,4		
Metsios (2008) <sup>47</sup>	n = 40	Hombre	Course Navette	1 min × 0,5 km/h	12,7 ± 0,7	+ 17,0	2,2
			Shuttle Square	1 min × 0,5 km/h	14,9 ± 1,1		
Presente estudio	n = 74	Hombre	Course Navette	1 min × 0,5 km/h	15,0 ± 0,7	+ 16,2	2,1
			Shuttle Square	1 min × 0,5 km/h	12,0 ± 0,8		
Presente estudio	n = 46	Hombre	Course Navette	1 min × 0,5 km/h	12,0 ± 0,8	+ 16,6	2,0
			Test VAM-EVAL	1 min × 0,5 km/h	14,0 ± 1,4		
Presente estudio	n = 31	Mujer	Course Navette	1 min × 0,5 km/h	10,3 ± 0,6	+ 12,6	1,3
			Test VAM-EVAL	1 min × 0,5 km/h	11,6 ± 1,0		

Hombres				Hombres				Mujeres			
Cazorla G. & Leger L. 1993				García G. & Secchi J. 2011				García G. & Secchi J. 2011			
CN-20	VAMp	CN-20	VAMp	CN-20	VAMp	CN-20	VAMp	CN-20	VAMp	CN-20	VAMp
8,5	8,8	13,5	16,3	8,5	8,9	13,5	16,2	8,5	9,5	13,5	15,5
9	9,5	14	17,0	9	9,6	14	17,0	9	10,1	14	16,1
9,5	10,3	14,5	17,8	9,5	10,3	14,5	17,7	9,5	10,7	14,5	16,7
10	11,0	15	18,5	10	11,1	15	18,4	10	11,3	15	17,3
10,5	11,8	15,5	19,3	10,5	11,8	15,5	19,2	10,5	11,9	15,5	17,9
11	12,5	16	20,0	11	12,6	16	19,9	11	12,5	16	18,5
11,5	13,3	16,5	20,8	11,5	13,3	16,5	20,6	11,5	13,1	16,5	19,1
12	14,0	17	21,5	12	14,0	17	21,4	12	13,7	17	19,7
12,5	14,8	17,5	22,3	12,5	14,8	17,5	22,1	12,5	14,3	17,5	20,3
13	15,5	18	23,0	13	15,5	18	22,8	13	14,9	18	20,9

**Figura 3** Comparación de la tabla de corrección de Cazorla y Leger con el presente trabajo en ambos sexos. CN-20: Course Navette de 20 m. VAMp: velocidad final alcanzada del test de VAM-EVAL.

Para predecir la velocidad del T-VAM mediante el CN-20 m se utilizó la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{Hombres} = (1.468 \cdot V_{\text{máx}}) - 3.597$$

( $V_{\text{máx}}$ : última etapa completa del CN-20 m)

$$\text{Mujeres} = (1,2 \cdot V_{\text{máx}}) - 0,7$$

( $V_{\text{máx}}$ : última etapa completa del CN-20 m)

## Conclusión

Ambos sexos alcanzaron velocidades significativamente superiores en el T-VAM en comparación con el CN-20 m. Además, es el primer estudio publicado que desarrolló dos tablas de corrección para predecir la VAM a partir del CN-20 m en

hombres y mujeres. Dichas tablas pueden ser de gran utilidad para los entrenadores con el propósito de administrar cargas de entrenamiento.

La tabla de corrección para hombres en este estudio fue similar a la publicada por Cazorla y Leger<sup>31</sup>.

## Aplicaciones prácticas

El T-VAM puede aplicarse para predecir la VAM en campo. Si no se cuenta con el espacio suficiente, se recomienda utilizar el CN-20 m y aplicar la tabla de corrección, siempre y cuando la población a medir contenga las mismas características de este trabajo de investigación.

## Lineamientos para futuros estudios

Se recomienda replicar este trabajo de investigación pero utilizando un analizador de gases portátil en campo. Esto es de gran importancia, debido a que no siempre la última etapa coincide con el  $\text{VO}_2\text{máx}$ , y por ende la VAM<sup>52-54</sup>. Además, sería interesante poder ampliar esta investigación en otras poblaciones, como niños y adolescentes, y deportistas.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

A Luc Leger por responder a nuestras inquietudes, por el material enviado, en especial los trabajos de investigación de las revistas francesas, y por su colaboración en contactar a G. Cazorla y F. Brue.

A Georges Cazorla por su colaboración y por los manuscritos originales del Test VAM-EVAL, y por los artículos publicados en francés.

A Francois Brue por su colaboración en los manuscritos originales del Test UMTT-Brue y por los artículos publicados en la revista francesa de atletismo.

Al Prof. Jorge Flores Quiroga, Presidente de la Fundación Social y Educativa (FuSEdu), por la colaboración incondicional durante las evaluaciones y por la prestación de los espacios de evaluación.

A la Lic. Daniela Escudero, del Centro de Investigación de la Facultad de la Salud, Universidat Adventista del Plata, por su asistencia en estadística.

## Bibliografía

- Lacour JR, Padilla S, Arsac L, Barthelemy J. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;62:7-82.
- Berthon P, Fellmann N, Bedu M, Beaune B, Dabonneville M, Coudert J, et al. A 5-min. running field test as a measurement of maximal aerobic velocity. *Eur J Appl Physiol*. 1997;75:233-8.
- Berthoin S, Pelayo P, Lensele-Corbeil G, Robin H, Gerbeaux M. Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *Int J Sports Med*. 1996;17:525-9.
- Berthoin S, Gerbeaux M, Turpin E. Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *J Sports Sci*. 1994;12:355-62.
- Billat V, Hill D, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein J. Effect of protocol on determination of velocity at  $\text{VO}_2\text{máx}$  and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem*. 1996;104:313-21.
- Billat V. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle and long distance running. Part 1: Aerobic interval training. *Sports Med*. 2001;31:13-31.
- Bisciotti G. L'incidenza fisiologica dei parametri di durata, intensità e recupero nell'attività intermitente. *Rivista Sds*. 2004;60:61-90-6.
- Cazorla G. Tests de terrain pour évaluer la capacité aérobie et la vitesse maximale aérobie. En: Cazorla G, Robert et G, editores. L'évaluation en activité physique et en sport. Cestas: AREAPS; 1990. p. 151-74.
- Cazorla G, Benezedine-Boussaidi L, Carré FD. Aptitude aérobie sur le terrain. Pourquoi et comment évaluer l'aérobie. *Medicins du Sport*. 2005;73:13-23.
- Dellal A, Keller D, Carling C, Chaouachi A, Wong del P, Chamari K. Physiologic effects of directional changes in intermittent training in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24:3219-26.
- Dellal A, Chamari K, Pintus A, Girard O, Cotte T, Keller D. Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: comparative study. *J Strength Cond Res*. 2008;22:1449-57.
- Dupont G, Blondel N, Lensele G, Berthoin S. Critical velocity and time spent at a high level of  $\text{VO}_2$  for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Can J Appl Physiol*. 2002;27:103-15.
- Dupont G, Akakpo K, Berthoin S. The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2004;18:584-9.
- Dupont G, Moalla V, Guinhouya C, Ahmaidi S, Berthoin S. Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:302-8.
- Esfarjani F, Laursen P. Manipulating high-intensity interval training: Effects on  $\text{VO}_2\text{max}$ , the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport*. 2007;10:27-35.
- García G. Test de campo para la predicción de la velocidad aeróbica máxima. Curso de Ciencias Aplicadas al Deporte, el Fútbol y el Entrenamiento Deportivo [14 y 15 de agosto]. Mendoza, Argentina: Fortius Gym. Ciudad; 2009.
- García G. Velocidad aeróbica máxima predictiva del UNCa test versus otros test de campo. 1.ª Jornada de Actualización en Ciencias del Ejercicio. San Luis, Argentina: Ministerio de Educación de San Luis; 2009.
- García G. Evaluación del  $\text{VO}_2\text{máx}$  y la VAM, en laboratorio y en campo. 1.ª Jornada de Actualización en Ciencias del Ejercicio. Libertador San Martín, Entre Ríos. Argentina: Universidad Adventista del Plata; 2009.
- Gerbeaux M, Lensele-Corbeil G, Branly G, Dierkens JM, Jacquet A, Lefrenac JF, et al. Estimation de la vitesse maximale aérobie chez les élèves des collèges et lycées. *Science et Motricité*. 1991;13:19-26.
- Gharbi A, Chamari K, Kallel A, Ahmaidi S, Tabka Z, Abdelkarim Z. Lactate inetics alter intermittent and continuous exercise training. *J Sport Med*. 2008;7:279-85.
- Léger L. Aptitude aérobie - Test de terrain. En: Rochcongar P, Monod H, editores. *Medicine du Sport*. 4.ª ed. Elsevier-Masson; 2009. p. 51-9.
- Mercier D, Léger L. Prediction of the running performance with the maximal aerobic power. *STAPS*. 1986;14:5-28.
- Millet GP, Candau R, Fattori P, Bignet F, Varray A.  $\text{VO}_2$  responses to different intermittent runs at velocity associated with  $\text{VO}_2\text{max}$ . *Can J Appl Physiol*. 2003-a;28:410-23.
- Millet GP, Libicz S, Borrani F, Fattori P, Bignet F, Candau R. Effects of increased intensity of intermittent training in runners with differing  $\text{VO}_2$  kinetics. *Eur J Appl Physiol*. 2003-b;90:50-7.
- Smith T. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal  $\text{O}_2$  uptake and the time for which this can be maintained. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89:337-43.
- Thevenet D, Tardieu M, Zouhal H, Jacob C, Abderrahman E, Priouet J. Influence of exercise intensity on time spent at high percentage of maximal oxygen uptake during an intermittent session in young endurance-trained athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2007;102:19-26.
- Thevenet D, Leclair E, Tardieu-Berger M, Berthoin S, Regueme S, Priouet J. Influence of recovery intensity on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young, endurance-trained athletes. *J Sport Sci*. 2008;104:1-9.

28. Vuorimaa T. Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent running exercise at the velocity associated with  $\text{VO}_2\text{max}$ . *Int J Sports Med*. 2000;21:96–101.
29. Léger L, Boucher R. An indirect continuous running multistage field test: The University de Montréal Track Test. *Can J Sport Sci*. 1980;5:77–84.
30. Brue F. Une variante du test de piste progressif et maximal de Leger et Boucher, pour la precise et facile de la vitesse maximale aerobie. *Fédération Française d'Athlétisme*. 1985: 25–30.
31. Cazorla G, Léger L. Comment évaluer et développer vos capacités aérobies, Epreuves de course navette et épreuve Vam-éval. Editorial AREAPS; 1993.
32. García G, Antonio J. Relación entre la velocidad aeróbica máxima de laboratorio y la de campo. Tesis de Grado. Licenciatura en Educación Física. Catamarca, Argentina: Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Catamarca; 2008.
33. Olds T, Tomkinson G, Léger L, Cazorla G. Worldmarva; 2008.
34. Tomkinson GR, Leger LA, Olds TS, Cazorla G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): n analysis of 55 studies of the 20 m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med*. 2003;33:285–300.
35. Leger L, Lambert J, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y. Capacité aérobique des Québécois de 6 a 17 ans -Test navette de 20 mètres avec paliers de 1 minute. *Can J Appl Sport Sci*. 1984;9:64–9.
36. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, et al. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6:93–101.
37. Léger L, Gadoury C. Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict  $\text{VO}_2\text{max}$  in adults. *Can J Sport Sci*. 1989;14:21–6.
38. LópezChicharro J, Vaquero F. Fisiología del ejercicio. Capitulo 24. 3ª ed. Buenos Aires, Madrid: Editorial Panamericana; 2006, p.409.
39. Leger L, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict  $\text{VO}_2\text{max}$ . *Eur J Appl Physiol*. 1982;49:1–12.
40. Palicska VJ, Nichols AK, Boreham CAG. A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Brit J Sports Med*. 1987;21:338–42.
41. Aziz AR, Chia MY, Teh KC. Measured maximal oxygen uptake in a multi stage shuttle test and treadmill run test in training athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2005;45:306–14.
42. Flouris AD, Koutedakis Y, Nevill A, Metsios GS, Tsiotra G, Parasiris Y. Enhancing specificity in proxy-design for the assessment of bioenergetics. *J Sci Med Sport*. 2004;7:197–204.
43. Ruiz JR, Ramirez-Lechuga J, Ortega FB, Castro-Piñero J, Benitez JM, Arauzo-Azofra A, et al. Artificial neural network-based equation for estimating  $\text{VO}_2\text{max}$  from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med*. 2008;44:233–45.
44. Ahmaidi S, Collomp K, Caillaud C, Prefaut C. Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *Int J Sports Med*. 1992;13:243–8.
45. Ahmaidi S, Collomp K, Prefaut C. The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidaemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise test. *Eur J Appl Physiol*. 1992;65:475–9.
46. Metsios GS, Flouris AD, Koutedakis Y, Theodorakis Y. The effect of performance feedback on cardiorespiratory.tness.eld tests. *J Sci Med Sport*. 2006;9:263–6.
47. Flouris AD, Koutedakis Y, Nevill A. Criterio related validity and test-retest reliability of the 20 m squared shuttle test. *J Sci Med Sport*. 2008.
48. 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.
49. 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.
50. Chtara M, Chaouachi A, Levin GT, Chaouachi M, Chamari K, Amri M, et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *Strength Cond Res*. 2008;22:1037–45.
51. International Standards for Anthropometric Assessment (2001). International society for the advancement of kinanthropometry (ISAK). Adelaide, Australia: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
52. Bassett DR, Howley ET. Maximal oxygen uptake: Classical versus contemporary viewpoints. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29: 591–603.
53. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: Review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:1292–301.
54. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol*. 1955;8:73–80.