Revista Andaluza de
Medicina del Deporte
Rev Andal Med Deporte. 2014;7(2):48-54
www.elsevier.es/ramd

Original

Comparación de las velocidades alcanzadas entre dos test de campo de similares características: VAM-EVAL y UMTT

G. C. García [a, b *], J. D. Secchi [c, d] y C. R. Arcuri [e, f]

[a] *Instituto Superior de Formación Docente Mercedes Tomasa de San Martín de Balcarce. San Rafael, Mendoza. Argentina.*
[b] *San Jorge Rugby Club. San Rafael, Mendoza. Argentina.*
[c] *Educación Física. Universidad Adventista del Plata. Libertador San Martín. Entre Ríos. Argentina.*
[d] *Departamento de Deportes. Municipalidad de Libertador San Martín. Entre Ríos. Argentina.*
[e] *Facultad Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca. Argentina.*
[f] *Asociación Alumni. Buenos Aires. Argentina.*

Historia del artículo:
Recibido el 27 de septiembre de 2013
Aceptado el 22 de abril de 2014

Palabras clave:
Consumo máximo de oxígeno.
Velocidad aeróbica máxima.
Test UMTT.
Test VAM-EVAL.
Test de Campo.
Entrenamiento aeróbico.

RESUMEN

Objetivo. El principal objetivo de nuestro estudio fue establecer comparaciones en la velocidad final alcanzada (VFA) en dos test incrementales continuos y máximos; Test de Pista de la Universidad de Montreal (UMTT) y el Test VAM-EVAL. Como objetivo secundario fue comparar el consumo máximo de oxígeno predicho, las distancias recorridas y la duración entre los test.
Método. Cuarenta y cinco sujetos (26 hombres), estudiantes de educación física participaron voluntariamente. Fueron evaluados en 3 sesiones, en la primera sesión se realizó la evaluación antropométrica en laboratorio. En las dos siguientes sesiones se evaluaron aleatoriamente los test de campo UMTT y VAM-EVAL. Las diferencias entre las velocidades fueron analizadas aplicando la prueba t de Student para muestras relacionadas. El método Bland y Altman fue utilizado para observar el grado de acuerdo y la presencia de heterocedasticidad entre ambos tests.
Resultados. La diferencia promedio en la VFA entre el VAM-EVAL y UMTT fue de 0,46 km·h^{-1}. No se encontraron diferencias significativas en la VFA ni en ninguna de las variables analizadas en ambos test: hombres 13,9 ± 1,3 frente a 13,4 ± 1,4 km·h^{-1} y mujeres 11,7 ± 1,0 frente a 11,3 ± 1,0 km·h^{-1} ($p > 0,05$). Las diferencias individuales en la VFA entre ambos test se encontraron dentro de los límites de acuerdo del 95% (–0,63 – 1,54 km·h^{-1}).
Conclusión. En estudiantes de educación física no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las VFA entre el UMTT y VAM-EVAL. De igual manera, no se encontraron diferencias en las distancias alcanzadas, la duración de los test y en el $VO_{2máx}$ estimado.

© 2014 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Key words:
Maximal oxygen consumption.
Velocity at maximal oxygen uptake.
UMTT.
Test VAM-EVAL.
Field testing.
Aerobic training.

ABSTRACT

Comparison of the reached speeds between two test of field of similar characteristic: VAM-EVAL and UMTT

Objetive. The main objective of our study was to establish comparisons in the final speeds reached in two incremental and maximal tests; Universite de Montreal Track Test (UMTT) and VAM-EVAL Test. A secondary objective was to compare maximal oxygen consumption ($VO_{2máx}$) predictions, running distances and the duration among both test.
Method. Forty five physical education students (26 men and 19 women) participated voluntarily. They were evaluated in 3 sessions; first session, they were evaluated in anthropometry at the laboratory. In the two following evaluation sessions they were carried out aleatorily the field test UMTT and VAM-EVAL. The differences between maximal speeds and other quantitative characteristics for both tests were analyzed applying a Student t test for paired groups and between both tests were analyzed by the Pearson's coefficient of correlation.
Results. The difference average in the VFA between the VAM-EVAL and UMTT was of 0,46 km·h^{-1}. They were not significant differences in the VFA neither in none of the variables analyzed in both test: men 13,9 ± 1,3 versus 13,4 ± 1,4 km·h^{-1} and women 11,7 ± 1,0 versus 11,3 ± 1,0 km·h^{-1} ($p > 0,05$). The individual differences in the VFA between both test was inside the limits of agreement of 95% (–0,63 – 1,54 km·h^{-1}).
Conclusion. In students of physical education they were not differences statistically significant in the final speeds reached between the UMTT and VAM-EVAL. In a same way, they were not differences in the reached distances, the duration of the test and in the predictive $VO_{2máx}$.

© 2014 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:
G.C. García.
Comandante Torres nº 986.
San Rafael, Mendoza.
Argentina 5600
Correo electrónico: garciagaston@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros aportes de Archibald Vivian Hill hasta la actualidad, el sistema cardiorrespiratorio ha sido uno de los componentes de la aptitud física más estudiado por los profesionales de las ciencias del ejercicio[1–5]. Esto se debe a su relación con la salud, el rendimiento deportivo y la condición física, independientemente de la edad y el sexo[2–5]. Hill et al., establecieron en 1924 el concepto de consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$) y los criterios a tener cuenta para determinarlo[1]. Se entiende por $VO_{2máx}$, la máxima cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir, por unidad de tiempo[6]. El $VO_{2máx}$ alcanzado en un test incremental progresivo y máximo es considerado el *gold standard* para medir el rendimiento del sistema cardiorrespiratorio[7]. En la actualidad el $VO_{2máx}$ puede ser medido de forma directa tanto en campo como en laboratorio debido a que existen analizadores portátiles. Varios autores han demostrado que los valores obtenidos en laboratorio no varían significativamente con los de campo[8]. Sin embargo, la variable más utilizada para dosificar cargas de entrenamiento aeróbico es la velocidad aeróbica máxima (VAM). Esto se debe a varias razones; a) el valor de $VO_{2máx}$ expresado en valores relativos y/o absolutos no permite que el preparador físico dosifique cargas de trabajo para sus deportistas, b) dos sujetos pueden tener iguales $VO_{2máx}$ y diferentes VAM[9–11], c) la VAM correlaciona mejor con el rendimiento deportivo, con respecto al $VO_{2máx}$ [11].

Lacour et al. definen a la VAM como la velocidad mínima a la cual se alcanza el $VO_{2máx}$ [11]. Esta variable ha sido estudiada ampliamente desde diferentes enfoques[12–21]. Evaluar la VAM de forma directa genera un coste muy elevado y no accesible para la mayoría de los centros deportivos. Por esto los entrenadores utilizan un test indirecto de campo para estimar la VAM[17]. Existe una gran variedad de test de campo, que han sido confeccionados con tal fin. En orden cronológico, ejemplo de ellos son: Test de Pista de la Universidad de Montreal (UMTT)[22], Test UMTT-Brue[23], Test de Bordeaux II[16], el Test VAM-EVAL[24], el Test de 5 minutos[25] y el UNCa test[26] (Test de la Universidad Nacional de Catamarca). Los autores de dichos test, compararon la VAM de cinta con la velocidad final alcanzada (VFA) de campo. Por este motivo cabe aclarar que los autores no midieron la VAM de campo, a la hora de validar los test. A raíz de esto diferenciaremos ambos conceptos. Hablaremos de VAM solamente cuando se emplea medición directa con un analizador de gases, y VFA cuando se utiliza la velocidad de la última etapa completa sin analizador de gases[18].

A la hora de elegir un test predictor de la VAM, no solo se debe examinar cuáles fueron construidos con tal fin, sino también cuáles de estos corroboraron la VAM en campo, subsiguientemente a su validación. En la bibliografía solamente hemos podido hallar dos test de campo que cumplen con estos requisitos; test UMTT y test VAM-EVAL[19, 27]. Ambos test están ampliamente aceptados por entrenadores e investigadores[13–14,17–21]. Además comparten características similares; emiten señal sonora para marcar el ritmo de carrera, la velocidad se incrementa cada cierto tiempo, no contienen pausas y alcanzan la fatiga. El UMTT es recomendado como uno de los mejores test predictivo del $VO_{2máx}$ en campo, debido a su bajo error estándar de estimación (EEE: 2,8 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) y su alta correlación con el $VO_{2máx}$ medido; Berthoin et al.($r = 0,92$)[10], Ahmaidi et al. ($r = 0,83$)[13], Leger y Bouchard ($r = 0,96$)[22]. El protocolo del VAM-EVAL es una versión adaptada a partir del UMTT y el test Course Navette con etapas de 1 minuto[24].

Aunque ambos son ampliamente aceptados por entrenadores e investigadores no es común encontrar comparaciones entre los mismos. Esto es de vital importancia, debido a que el protocolo afecta el resultado obtenido de la VFA en el test[28]. Por este motivo, el presente trabajo tuvo como objetivo comparar la VFA entre el UMTT y el VAM-EVAL. Como objetivo secundario se planteó comparar el $VO_{2máx}$ estimado, las distancias recorridas y la duración de los test.

MÉTODO

Sujetos

La muestra estuvo conformada por 45 estudiantes de la carrera de Educación Física mayores de 18 años de edad (26 hombres y 19 mujeres), que cursaban de 2º a 4º año. Fueron citados todos los estudiantes y se establecieron los siguientes criterios de exclusión: ser menor a 18 años, tener algún tipo de lesión neuromuscular y/o enfermedad cardiorrespiratoria, no tener experiencia en la ejecución de los dos test propuestos y realizar menos de tres veces semanales 2 horas de actividad física. Antes de firmar el consentimiento informado, los sujetos fueron advertidos de forma verbal y por escrito acerca de los procedimientos, los beneficios y los riesgos de participar en este estudio.

Diseño de estudio

Todas las evaluaciones fueron tomadas en horario de la mañana entre las 09.00 y 11.00 h con dos horas de ayuno. En todas las evaluaciones, los sujetos utilizaron la misma vestimenta, incluyendo el calzado. Las evaluaciones de campo, fueron llevadas a cabo en una pista de 200 metros. La temperatura media fue de 20 ± 1ºC y una humedad relativa de 55 ± 5%. Los sujetos no realizaron ejercicio físico intenso 48 horas previas a las evaluaciones. Estos fueron evaluados en 3 ocasiones, durante una semana. En la 1ª sesión se realizaron mediciones antropométricas. En la 2ª y 3ª sesión fueron medidos los test de campo de forma aleatoria. Las evaluaciones siempre fueron realizadas en 4 subgrupos (2 grupos para el UMTT y 2 grupos para el VAM-EVAL). Entre la 1ª y 2ª evaluación hubo un intervalo de 24 horas y entre la 2ª y 3ª evaluación de 96 horas. Siempre antes de iniciar los test, los sujetos realizaron el mismo calentamiento de 10 minutos que consistió en; movilidad articular, flexibilidad dinámica, carreras de baja intensidad e hidratación.

Evaluaciones

Antropometría

Se midió peso corporal y talla de pie. Las mediciones fueron llevadas a cabo, según las normas de la ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría)[29]. Se calculó el índice de masa corporal (IMC) dividiendo el peso corporal (kg) del sujeto por su estatura expresada en metros y elevada al cuadrado.

Test UMTT

El recorrido del test se realizó en una pista de 200 metros. La velocidad inicial fue de 8 $km \cdot h^{-1}$, y se incrementó a razón de 1 $km \cdot h^{-1}$ cada 2 minutos. La velocidad fue impuesta por una señal sonora. Cada 20 metros había ubicados conos, para que el sujeto regulara la carrera con la señal audible. El test finalizó cuando el sujeto se detuvo porque alcanzó la fatiga o cuando por dos veces consecutivas no llegó a pisar la zona delimitada al sonido del "beep". Los sujetos fueron alentados verbalmente para realizar el máximo esfuerzo. La velocidad registrada fue aquella alcanza-

da en la última etapa completa. No se consideraron las etapas incompletas. Para el cálculo del $VO_{2máx}$ estimado se utilizó la fórmula propuesta por Leger y Mercier[30].

$VO_{2máx}$= 3,5*V.

V: velocidad final alcanzada de la última etapa completa, en km·h^{-1}.

Test VAM-EVAL

El recorrido del test, se realizó en una pista de 200 metros. La velocidad fue impuesta por una señal sonora. La velocidad inicial fue de 8,5 km·h^{-1}, y se incrementó a razón de 0,5 km·h^{-1} cada 1 minuto. Cada 20 metros había ubicados conos, para que el sujeto regulara la carrera con la señal audible. El test finalizó cuando el sujeto se detuvo porque alcanzó la fatiga o cuando por dos veces consecutivas no llegó a pisar la zona delimitada al sonido del "beep". La velocidad registrada, fue aquella alcanzada en la última etapa completa. No se consideraron las etapas incompletas. Para el cálculo del $VO_{2máx}$ estimado se utilizó la fórmula propuesta por Leger y Mercier[24, 30].

$VO_{2máx}$= 3,5*V.

V: velocidad final alcanzada de la última etapa completa, en km·h^{-1}.

Para el cálculo del $VO_{2máx}$ absoluto, se utilizó la siguiente fórmula en ambos tests:

= ($VO_{2máx}$ relativo/1000)*PC

$VO_{2máx}$ relativo: en ml·kg^{-1}·min^{-1}.

PC: peso corporal, en kg.

Tabla 1
Características de los sujetos

	Edad (años)	Talla (m)	Peso (kg)	IMC (kg/m²)
Todos (n = 45)	24,2 ± 5,9	1,69 ± 0,1	70,2 ± 9,9	24,3 ± 2,7
Hombres (n = 26)	25,1 ± 7,0	1,75 ± 0,1	75,7 ± 9,5	24,6 ± 2,4
Mujeres (n = 19)	22,9 ± 3,7	1,60 ± 0,1*	64,1 ± 6,2 *	23,9 ± 3,0

IMC: índice de masa corporal.
* p < 0,05 diferencia significativa con respecto al grupo de los hombres.

Tabla 2
Descripción de las variables medidas en los test de campo

Test de campo	Todos (n = 45)	Hombres (n = 26)	Mujeres (n = 19)
Velocidad final alcanzada (km·h^{-1})			
VAM-EVAL	12,9 ± 1,6	13,9 ± 1,3	11,7 ± 1,0 *
UMTT	12,5 ± 1,6	13,4 ± 1,4	11,3 ± 1,0 *
Distancia alcanzada (m)			
VAM-EVAL	1834,7 ± 730,9	2233,1 ± 632,2	1289,5 ± 455,8*
UMTT	1818,2 ± 760,5	2233,8 ± 688,9	1249,5 ± 404,4*
Tiempo (min)			
VAM-EVAL	9,8 ± 3,2	11,6 ± 2,7	7,5 ± 2,3*
UMTT	10,1 ± 3,2	11,9 ± 2,7	7,5 ± 2,0*
$VO_{2máx}$ absoluto (l·min^{-1})			
VAM-EVAL	3,21 ± 0,67	3,41 ± 0,71	2,91 ± 0,49*
UMTT	3,10 ± 0,65	3,29 ± 0,69	2,83 ± 0,49*
$VO_{2máx}$ relativo (ml·kg^{-1}·min^{-1})			
VAM-EVAL	45,5 ± 5,8	48,7 ± 4,7	41,1 ± 4,0*
UMTT	43,9 ± 5,7	47,1 ± 4,7	39,4 ± 3,5*

* p < 0,05 diferencia significativa con el grupo de los hombres.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico (SPSS) 18.0. Previo al análisis de varianza, covarianza y correlación 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 se aplicó estadística descriptiva para el cálculo de frecuencias, media, desviación estándar, valor máximo y mínimo. Para determinar las diferencias estadísticamente significativas en las velocidades alcanzadas y otras características cuantitativas entre el test UMTT y el VAM-EVAL se utilizó la prueba T para muestras relacionadas. También se realizó análisis de covarianza (ANCOVA) para observar si la edad y el IMC influyen en los resultados. Para categorizar los grupos, se utilizó la mediana para la edad (22,0 años), y para el IMC la clasificación de peso normal (≤ 24,9) y sobrepeso (≥ 25,0). La relación entre las velocidades alcanzadas en ambos test fueron calculadas usando el coeficiente de correlación de Pearson y el coeficiente de determinación. En todos los casos se aceptó un nivel alfa p < 0,05. Por último, la consistencia en la VFA entre ambos tests fue verificada mediante la prueba estadística de Bland y Altman[31] y los límites de acuerdo al 95%. Este es un método gráfico que permite observar el grado de acuerdo entre dos instrumentos de medición y la presencia o ausencia de heterocedasticidad[31].

RESULTADOS

Las características generales de la muestra empleada se pueden observar en la tabla 1. Solamente se encontraron diferencias significativas en la talla y el peso corporal, entre los sexos.

En la tabla 2 se aprecian las variables obtenidas entre el UMTT y VAM-EVAL separados por grupos. En el grupo de los hombres, el rango de velocidades alcanzadas en el los test fue: entre 12,0 y 17,0 km·h^{-1} para el UMTT y entre 12,0 y 17,0 km·h^{-1} para el VAM-EVAL. En el grupo de las mujeres, el rango de velocidades alcanzadas en los tests fue: entre 10,0 y 13,0 km·h^{-1} para el UMTT y entre 9,5 y 14,0 km·h^{-1} para el VAM-EVAL. Los valores predictivos del $VO_{2máx}$ a través del UMTT, fueron de un rango de 42,0 y 59,5 ml·kg^{-1}·min^{-1} para el grupo de los hombres, y un rango 35,0 a 45,5 ml·kg^{-1}·min^{-1} para el grupo de las mujeres. Para los valores predictivos del $VO_{2máx}$ a través del VAM-EVAL, se observó un rango de 42,0 y 59,5 ml·kg^{-1}·min^{-1} para el grupo de los hombres, y un rango 33,3 a 49,0 ml·kg^{-1}·min^{-1} para el grupo de las mujeres.

En ambos grupos no se observaron diferencias estadísticas en la velocidad final alcanzada, la distancia recorrida, la duración del test y en el $VO_{2máx}$ predictivo entre el UMTT y el VAM-EVAL.

El análisis de covarianza (ANCOVA) tampoco indicó diferencias estadísticamente significativas en la VFA entre ambos test cuando este fue ajustado por el IMC, para todos los casos (p = 0,970) y para el grupo de los hombres (p = 0,451). Sin embargo en el grupo de las mujeres se observó una diferencia significativa entre ambos tests ajustado por el IMC (p = 0,025). Utilizando el mismo modelo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando el análisis fue ajustado por la edad; para todos los casos (p = 0,849), hombres (p = 0,606) y mujeres (p = 0,236).

Las correlaciones obtenidas entre las VFA de los test fueron: para todo el grupo r = 0,94 (r^2 = 0,88), para el grupo de los hombres r = 0,91 (r^2 = 0,82) y para el grupo de las mujeres r = 0,88 (r^2 = 0,77).

Las correlaciones parciales obtenidas entre las VFA ajustadas por el IMC fueron: para todos r = 0,94, para los hombres r = 0,91 y para las mujeres r = 0,89.

Las correlaciones parciales obtenidas entre las VFA ajustadas por la edad fueron: para todos r = 0,94, para los hombres r = 0,90 y para las mujeres r = 0,88.

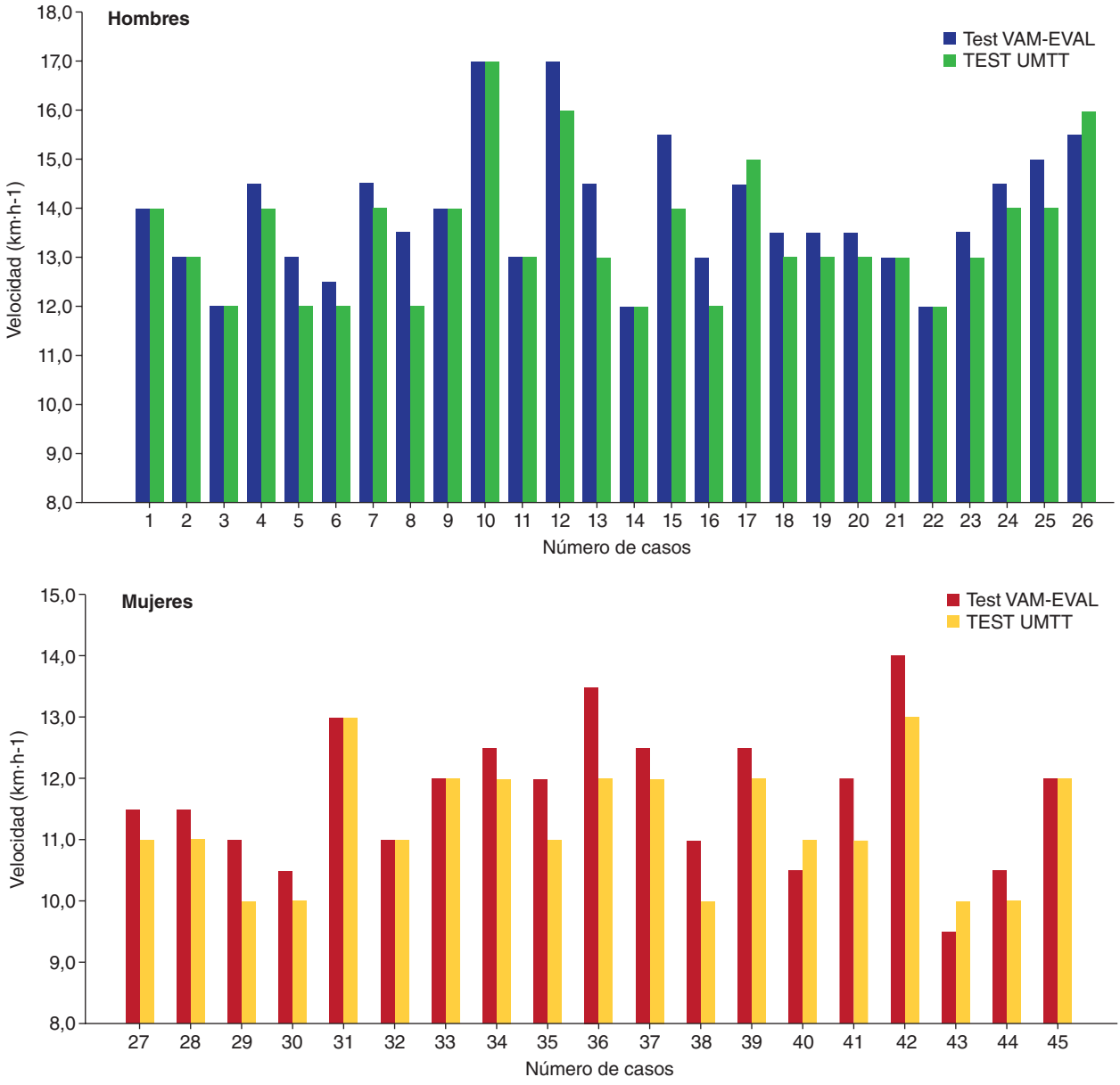

Fig. 1. Velocidades finales alcanzadas de los test de campo; UMTT y VAM-EVAL. El grupo de los hombres está representado por el número de casos del 1 al 26 (superior). El grupo de mujeres está representado por el número de casos del 27 al 45 (inferior).

Las correlaciones parciales obtenidas entre las VFA ajustadas por la edad y el IMC fueron: para todos r = 0,94, para los hombres r = 0,90 y para las mujeres r = 0,90.

Las variables; VFA, distancia, duración del test y $VO_{2máx}$ estimado, resultaron ser estadísticamente diferentes, cuando fueron comparadas entre los sexos ($p < 0,05$).

En la figura 1, se pueden observar los valores individuales en cada test. En el grupo masculino el 58% de los hombres alcanzaron mayores VFA en el VAM-EVAL, el 35% alcanzaron las mismas velocidades en ambos tests y solamente el 8% alcanzaron mayores VFA en el UMTT. En el grupo femenino el 68% de las mujeres alcanzaron mayores VFA en el VAM-EVAL, el 21% alcanzaron las mismas velocidades en ambos test y solamente el 10% alcanzaron mayores VFA en el UMTT.

En la figura 2, podemos observar un gráfico de dispersión realizado con el modelo Bland y Altman[31]. En él se puede apreciar que la diferencia promedio en la VFA entre el test VAM-EVAL y UMTTT fue de 0,46 km/h. Además, en todos los casos las diferencias individuales en la VFA entre ambos test se encontraron dentro de límite de acuerdo del 95% (entre –0,63 a 1,54 km/h). Por otro lado, no se observaron indicios de heterocedasticidad ya que la dispersión de las diferencias de las velocidades entre los tests no estuvo relacionada con magnitud de la velocidad promedio de ambos test.

DISCUSIÓN

El objetivo principal del presente estudio fuer realizar comparaciones en dos test que estiman la VAM, de características similares (incremental, continuo y máximo hasta la fatiga) y ampliamente utilizados por los entrenadores. Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias significativas en la VFA promedio entre el VAM-EVAL y UMTT en ambos sexos. Cuando se realizó análisis ANCOVA tampoco se detectaron dife-

rencias en la VFA promedio cuando las comparaciones entre ambos test fueron ajustadas por la edad de los participantes. No obstante cuando este mismo análisis se realizó ajustándolo por el IMC solamente en el grupo de las mujeres se observaron diferencias entre las VFA. De todas maneras hay que destacar que solamente 4 mujeres integraban el grupo de sobrepeso, mientras que el resto de las mujeres integraba el grupo de peso normal. El $VO_{2máx}$ predictivo no se vio afectado debido a que las velocidades no fueron diferentes y que ambos tests comparten la misma fórmula propuesta por Leger y Mercier[24,30].

En comparación con otros estudios, se puede observar que las velocidades alcanzadas son bajas al igual que los valores predictivos del $VO_{2máx}$ (tabla 3). Esto puede deberse a diversos factores; la muestra empleada, la edad, el sexo y los niveles de aptitud física cardiorrespiratoria entre otros factores[18].

De acuerdo a la revisión de antecedentes realizados, solamente hemos podido encontrar dos trabajos de investigación en donde comparan las velocidades entre ambos test; uno en cinta[32] y otro en campo[17].

García et al.[17] midieron en campo con el VAM-EVAL y UMTT. Ellos no encontraron diferencias entre las VFA, al igual que en el presente estudio. Esta similitud en los resultados puede deberse a que ambos trabajos de investigación utilizaron estudiantes de educación física.

El segundo trabajo de investigación es muy importante ya que es el único que comparó VAM entre ambos tests y no la VFA[32]. Billat et al. realizaron mediciones sobre la cinta y no encontraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo las velocidades de las cintas no son intercambiables con las de campo. Esto se puede observar en este mismo trabajo. Un subgrupo fue medido solamente con el UMTT en campo sin analizador de gases[32]. Los autores encontraron que la VAM de la cinta del UMTT era significativamente diferente a la VFA de campo del UMTT, siendo en campo menor en un 4,7%. Sin embargo ambos protocolos difirieron en la velocidad inicial, siendo en cinta a 15,0 km·h^{-1}, mientras que en campo se inició a 8,0 km·h^{-1}. Por último los autores concluyeron que el protocolo del VAM-EVAL era más eficiente para localizar la VAM en la cinta, por las características del protocolo; aumentos progresivos menores en la velocidad en comparación con el UMTT[32].

Por otro lado, uno de los aspectos importantes a tener en cuenta cuando comparamos dos instrumentos de medición es el grado de acuerdo entre ambos. Como lo muestra la figura 2, ambos test son consistentes en la VFA a pesar de que en promedio los sujetos alcanzaron aproximadamente velocidades de 0,5 km/h superiores en el VAM-EVAL. El otro aspecto a tener en cuenta es la presencia o ausencia de heterocedasticidad. Los datos del presente estudio confirman la ausencia de heterocedasticidad, esto significa que las diferencias en VFA entre el VAM-EVAL y UMTT no aumentaron o disminuyeron a medida que la velocidad promedio se incrementaba en ambos tests (homocedasticidad). De todas maneras, no sabemos si estos resultados se replicarían evaluando a sujetos deportistas con mayores niveles de rendimiento físico. Es importante señalar que la concordancia y heterocedasticidad no pueden ser estudiadas con herramientas estadísticas que estudien las diferencias entre medias y la fuerza de relación lineal entre dos variables como la prueba t de Student o la correlación de Pearson respectivamente. Por esta razón, los estudios que intenten comparar dos métodos o instrumentos de medición deberían incluir en el análisis el método gráfico de Bland y Altman[35].

Por último, en el presente estudio no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la VFA entre ambos tests (tabla 2). Como lo muestra la figura 2, todas las diferencias individuales en la VFA entre VAM-EVAL y UMTT se encontraron dentro de una variabilidad aceptable desde el punto de vista estadístico (–0,63 a 1,54 km·h^{-1}).

Tabla 3
Resumen de los trabajos de investigación donde se ha utilizado el UMTT o el VAM-EVAL para predecir o medir la VAM en campo. Se muestra el $VO_{2máx}$ predictivo, las velocidades alcanzadas y las fórmulas para predecir el $VO_{2máx}$

Autor año	Muestra	Sexo	Test utilizado	$VO_{2máx}$ ml·kg^{-1}·min^{-1}	Velocidad km·h^{-1}
Ahmaidi et al. 1992[14]	n = 12	H	VAM-EVAL	53,4 ± 1,1	15,7 ± 0,3
Ahmaidi et al. 1992[13]	n = 11	H	UMTT	57,1 ± 1,7	16,6 ± 2,0
Berthoin et al. 1992[12]	n = 266	H-M	UMTT	45,4 ± 5,0	12,4 ± 1,8
Berthoin et al. 1994 [10]	n = 12	H	UMTT	59,5 ± 4,0	16,6 ± 1,2
	n = 5	M		50,2 ± 4,0	13,6 ± 1,3
Millet et al. 2003-a[9]	n = 8	H	VAM-EVAL	71,1 ± 3,9	19,9 ± 0,9
Millet et al. 2003-b[19]	n = 6	H	VAM-EVAL	71,2 ± 4,2	19,8 ± 0,9
Dupont y Berthoin 2004[28]	n = 12	H	UMTT	57,8 ± 7,1	17,2 ± 1,8
Chtara et al. 2005[20]	n = 10	H	VAM-EVAL	–	16,1 ± 1,1
	n = 9			–	16,1 ± 0,5
	n = 10			–	16,2 ± 1,0
	n = 10			–	16,2 ± 0,9
	n = 9			–	16,1 ± 0,8
Dellal A. 2008[33]	n = 10	H	VAM-EVAL	–	17,1 ± 0,8
Gharbi et al. 2008[34]	n = 6	H	VAM-EVAL	–	15,3 ± 1,3
	n = 6			–	15,0 ± 1,2
	n = 6			–	15,2 ± 1,3
Thebault et al. 2011[22]	n = 19	H	UMTT	58 ± 3,5	16,5 ± 0,6
García y Secchi 2013[18]	n = 46	H	VAM-EVAL	49,1 ± 4,9	14,0 ± 1,4
	n = 31	M		40,7 ± 2,0	11,6 ± 1,0
García, Secchi y Cappa 2013[17]	n = 24	H	VAM-EVAL	48,5 ± 4,7	13,8 ± 1,3
			UMTT	49,1 ± 4,6	13,4 ± 1,3
García, Secchi y Cappa 2013[17]	n = 17	M	VAM-EVAL	41,8 ± 3,4	11,9 ± 1,0
			UMTT	42,3 ± 3,2	11,4 ± 1,0
Presente estudio	n = 26	H	VAM-EVAL	48,7 ± 4,7	13,9 ± 1,3
			UMTT	47,1 ± 4,7	13,4 ± 1,4
Presente estudio	n = 19	M	VAM-EVAL	41,1 ± 4,0	11,7 ± 1,0
			UMTT	39,4 ± 3,5	11,3 ± 1,0

H: hombres; M: mujeres; $VO_{2máx}$: consumo máximo de oxígeno estimado desde el test de campo.

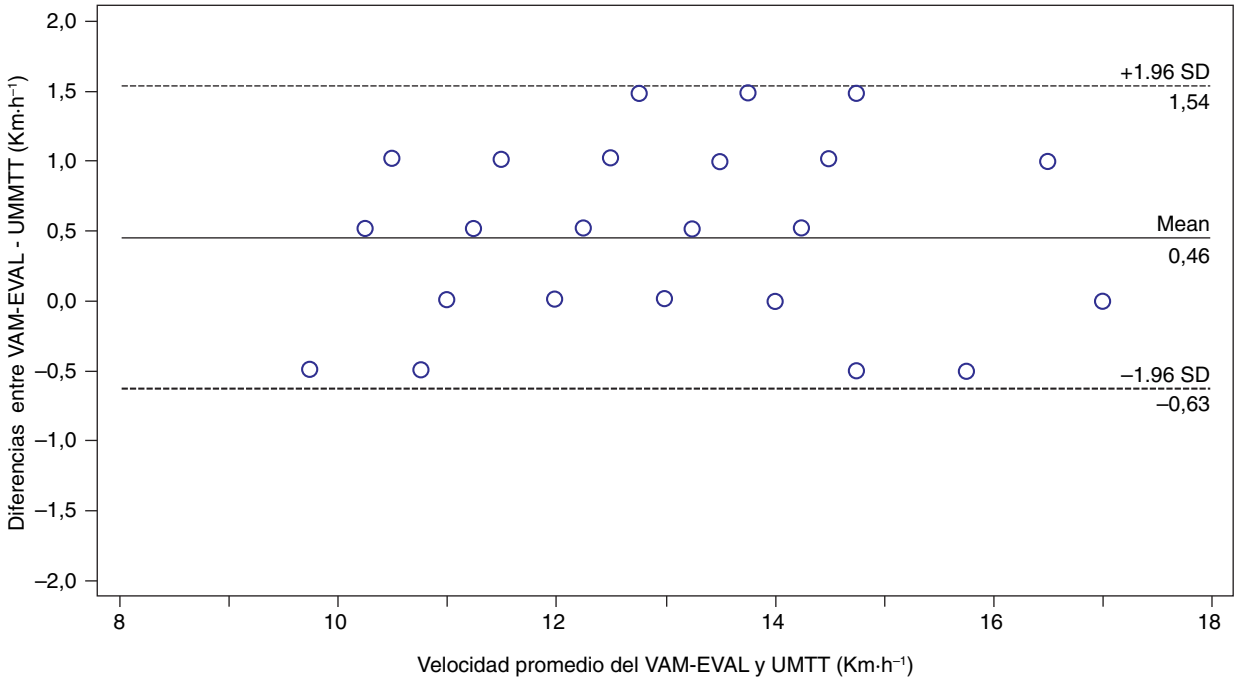

Fig. 2. Gráfico de dispersión de Bland y Altman para los test de VAM-EVAL y UMTT. La línea central representa las diferencias promedio de las velocidades alcanzadas en los test VAM-EVAL y UMTT. Las líneas discontinuas de arriba y abajo representan el límite de acuerdo o concordancia del 95%. Este límite de acuerdo es igual a las diferencias promedio ± 1,96 DS de las diferencias respectivamente.

Sin embargo, en el concepto de variabilidad aceptable de la VFA entre los test es importante tener en cuenta el criterio del entrenador; sobre todo en aquellos sujetos donde la diferencia fue ≥ 1,0 km·h^{-1}. Para comprender mejor el concepto, en la tabla 4 exponemos las cinco posibilidades encontradas en el presente estudio tomando 5 casos reales. Si proponemos un trabajo aeróbico intermitente de 15 segundos de trabajo por 15 segundos de pausa al 120% de la VFA[27], podemos observar que las distancias a entrenar varían cuando los sujetos no obtienen la misma VFA. Aquellos sujetos que obtuvieron una diferencia entre las VFA menores a 1,0 km·h^{-1} (casos 3, 4 y 26), prácticamente es indiferente qué test se utiliza para dosificar las cargas de trabajo. Sin embargo, cuando la diferencia entre las VFA es igual o superior a 1,0 km·h^{-1} (caso 8 y 12) la distancia a entrenar se modifica considerablemente. Por tal motivo si bien estadísticamente no hemos encontrado diferencias entre los test, esta discrepancia sí puede ser sensible cuando se dosifican cargas de entrenamiento.

Además, con este ejemplo se deja en claro que una forma de alterar el resultado de la VFA es a través del protocolo de medición. Ambos test comparten características similares (incremental, continuo y máximo), pero aún así tienen sus diferencias. Por ejemplo la duración de las etapas son desiguales (2 minutos versus 1 minuto), y la velocidad se incrementa de forma diferente (1,0 km·h^{-1} frente a 0,5 km·h^{-1}). Si un mismo sujeto recorre ambos test, cada 2 minutos va a compartir la misma velocidad. Por esto, aquellos sujetos que no obtuvieron la misma velocidad en ambos test, probablemente alcanzaron antes la fatiga con respecto al otro test. Debido a que nosotros no realizamos mediciones directas con un analizador de gases, podemos hipotetizar lo siguiente; cuando los sujetos se encuentran por encima del umbral anaeróbico, toleran mejor el esfuerzo si las etapas duran 1 minuto y no dos. Además el VAM-EVAL tiene aumentos progresivos menores con respecto al protocolo del UMTT, y todo esto explica de alguna forma, por qué la tendencia se inclina sobre dicho test[32].

Hay que destacar dos limitaciones importantes del presente estudio; 1) no se evaluó la VAM de forma directa en campo y 2) se utilizó una población de conveniencia (estudiantes) de reducido tamaño. Por este motivo los resultados y conclusiones presentadas en este artículo no son generalizables a otras poblaciones. Futuras investigaciones deben confirmar los resultados obtenidos en poblaciones de mayores tamaños y más representativos, para alcanzar conclusiones definitivas entre las similitudes y diferencias entre ambos test.

En conclusión, las VFA entre el UMTT y VAM-EVAL no fueron estadísticamente significativas tanto en hombres como en mujeres. De igual

Tabla 4
Ejemplo de un entrenamiento aeróbico intermitente para 5 casos diferentes

Sujeto	VAM-EVAL (km·h^{-1})	UMTT (km·h^{-1})	Diferencia* (km·h^{-1})	Distancia de entrenamiento a recorrer en 15 segundos de trabajo al 120% de la VFA	
				VAM-EVAL (m)	UMTT (m)
3	12	12	0,0	60,0	60,0
4	14,5	14	0,5	72,5	70,0
12	17	16	1,0	85,0	80
8	13,5	12	1,5	67,5	60,0
26	15,5	16	–0,5	77,5	80

* Diferencia entre el test UMTT y test VAM-EVAL.

manera, no se encontraron diferencias en las distancias alcanzadas, la duración de los test y en el $VO_{2máx}$ estimado.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Ambos test; UMTT y VAM-EVAL pueden ser utilizados para estimar la VAM, desde la VFA de la última etapa completa en ambos sexos.

Agradecimientos

A Luc Leger y Georges Cazorla por el envío de los manuscritos originales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Hill AV, Long CNH, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilisation of oxygen-parts VII-VIII. Proc Roy Soc B. 1924;97:84-138.
2. Astrand I, Astrand PO, Hallback I, Kibom A. Reduction in maximal oxygen uptake with age. J Appl Physiol. 1973;35(5):649-54.
3. Tomlin DL, Wenger HA. "The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise." J Sci Med Sport. 2002;5(3):194-203.
4. Ortega FB, Tresaco B, Ruiz JR, Moreno LA, Martin-Matillas M, Mesa JL, et al; AVENA Study Group. Cardiorespiratory fitness and sedentary activities are associated with adiposity in adolescents. Obesity. 2007;15(6):1589-99.
5. Secchi JD, García GC. Cardiorespiratory Fitness and Cardiometabolic Risk in Young Adults. Revista Española de Salud Pública 2013;87:35-48.
6. López-Chicharro J, Vaquero F. Fisiología del ejercicio. 3ª ed. Editorial Panamericana. 2006;409.
7. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. J Appl Physiol. 1955;8:73-80.
8. Meyer T, Welter JP, Scharhag J, Kindermann W. Maximal oxygen uptake during field running does not exceed that measured during treadmill exercise. Eur J Appl Physiol. 2003;88(4-5):387-9.
9. 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.
10. Berthoin S, Gerbeaux M, Turpin E. Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. J Sports Sci. 1994;12:355-62.
11. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Chatard JC, Arsac L, Barthélémy JC. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1991;62(2):77-82.
12. Berthoin S, Gerbeaux M, Guerrin F, Lensel-Cobeil G, Vandedorpe F. Estimation de la VMA. Science & Sport. 1992;7:85-91.
13. 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-a;13(3):243-8.
14. 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-b;65:475-9.
15. Arcuri CR. Relación entre las velocidades máximas alcanzadas en tests aeróbicos lineales de carga constante y no-lineales incrementales en jugadores de deportes intermitentes, de ambos sexos, diferentes niveles aeróbicos, y categorías. Tesina. Licenciatura en Educación Física. Instituto de Ciencias de la Rehabilitación y el Movimiento. Universidad Nacional de Gral. San Martín. Bs. As. Argentina, 2009.
16. Cazorla G. Tests de terrain pour évaluer la capacite aèrobie et la vitesse maximale aèrobie. En: Cazorla G, Robert G, editores. L'évaluation en activité physique et en sport. Cestas: Editorial A.R.E.A.P.S. 1990;151-74.
17. García GC, Secchi JD, Cappa DF. Comparison of the Maximal Oxygen Uptake Predictive Using Different incremental field test: UMTT, VAM-EVAL and 20m-SRT. Arch Med Deporte. 2013;30 (3):76-82.
18. 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 speed. Apunts Med Esport. 2013;48 (177):27-34.
19. 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.
20. 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.
21. Thebault N, Leger LA, Passelergue P. Repeated-sprint ability and aerobic fitness. J.Strength Cond Res. 2011;25(10):2857-65.
22. Léger L, Boucher R. An indirect continuous running multistage field test: the University of Montréal Track Test. Can J Sport Sci. 1980;5:77-84.
23. 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.
24. Cazorla G, Léger L. Comment évaluer et développer vos capacités aérobies. Epreuves de course navette et épreuve Vam-éval. Editorial A.R.E.A.P.S. 1993.
25. Berthon P, Fellmann N, Bedu M, Beaune B, Dabonneville M, Coudert J, Chamoux A. A 5-min. running field test as a measurement of maximal aerobic velocity. Eur J Appl Physiol. 1997;75:233-8.
26. Cappa DF, García GC, Secchi JD, Meagan ME. Relation among the maximal aerobic speed of laboratory and the final reached speed in a test of field, with same protocols (UNCa Test). Journal Medicine Sport and Physical Fitness. 2012:(P.ISSN 0022-4707 - E.ISSN 1827-1928) in press..
27. Dupont G, Berthoin S. Time spent at a high percentage of VO_2max for short intermittent runs: active versus passive recovery. Can J Appl Physiol. 2004; 29 Suppl: S3-S16.
28. Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, et al. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. Int J Sports Med. 2003;24(7):486-91.
29. ISAK (International Standards for Anthropometric Assessment. International society for the advancement of kinanthropometry). Adelaide, Australia: International Society for the Advancement of Kinathropometry, 2001.
30. Léger LA, Mercier D. Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. Sports Medicine. 1984;1:270-7.
31. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet. 1986;8:307-10.
32. Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO2 max and on its time to exhaustion. Arch Physiol Biochem. 1996;104:313-21.
33. 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: a comparative study. J Strength Cond Res. 2008;22: 1449-57.
34. Gharbi A, Chamari K, Kallel A, Ahmaidi S, Tabka Z, Abdelkarim Z. Lactate kinetics intermittent and continuos exercise training. Journal of Sport Science and medicine. 2008;7,279-85.
35. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. Sports Med. 1998;26217- 38.