

Monograph

# Validez de los Tests de Campo para Evaluar la Capacidad de Resistencia en Deportistas de Nivel Competitivo e Internacional

Donal O'gorman<sup>1</sup>, Annette Hunter<sup>2</sup>, Ciaran McDonnacha<sup>3</sup> y John P Kirwan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Noll Physiological Research Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania 16802.

<sup>2</sup>National Coaching and Training Centre

<sup>3</sup>Department of Physical Education and Sports Science, University of Limerick, Limerick, Ireland.

## RESUMEN

En el presente estudio hemos evaluado la validez del test de ir y volver de 20 metros (MST) y de los tests de 12 minutos y 3000 metros para predecir la capacidad aeróbica en 15 deportistas competitivos (CSP). Además, siete jugadores de rugby de nivel internacional (IRP) fueron utilizados para evaluar el test 20-MST en atletas de elite. El consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx) fue determinado mediante calorimetría indirecta utilizando un protocolo progresivo. Los tests de 20-MTS, 12 minutos y 3000 metros fueron valorados utilizando los datos de las vueltas, distancia cubierta y tiempo de llegada, respectivamente. Los coeficientes de validez entre el test de 12 minutos ( $r = 0.67$ ) y el test de 3000 metros ( $r = -0.67$ ) estuvieron significativamente correlacionados ( $p < 0.05$ ) con el VO<sub>2</sub>máx. Las correlaciones entre el test 20-MST y el test de VO<sub>2</sub>máx tanto en CSP ( $r = 0.41$ ) como en IRP ( $r = 0.42$ ) no fueron significativas, pero cuando se combinaron ambos grupos se halló una correlación significativa ( $r = 0.61$ ). El índice de esfuerzo percibido fue significativamente menor para el test 20-MST en comparación con el test de VO<sub>2</sub>máx ( $16.3 \pm 0.6$  vs  $18.6 \pm 0.3$  unidades, respectivamente). Se observaron menores niveles de lactato a los 2 minutos ( $10.5 \pm 0.9$  vs  $12.2 \pm 0.9$  mmol/L,  $p < 0.05$ ) y a los 5 minutos ( $8.9 \pm 1.0$  vs  $11.9 \pm 1.0$  mmol/L,  $p < 0.05$ ) posteriores al test 20-MST en comparación con el test de VO<sub>2</sub>máx. Los niveles plasmáticos de creatin quinasa medidos 12 horas después de cada test no fueron significativamente diferentes. Nuestra conclusión fue que la capacidad aeróbica puede ser estimada con precisión a partir del test de 12 minutos o del test de 3000 m en deportistas competitivos jóvenes. En contraste, el test 20-MST solo predijo el VO<sub>2</sub>máx cuando se combinaron los datos de los deportistas competitivos y los de los jugadores de rugby de nivel internacional y se incluyó en los análisis un rango mayor de VO<sub>2</sub>máx y de valores del test 20-MST.

**Palabras Clave:** test de ir y volver de 20 metros, test de 12 minutos, test de 3000 metros, vo<sub>2</sub>máx, rugby,

## INTRODUCCION

El monitoreo fisiológico puede proveer al entrenador y a los científicos del deporte medios objetivos y reproducibles para valorar el estatus de entrenamiento de un atleta/jugador, así como también informar sobre sus fortalezas físicas y sus capacidades de rendimiento. La información generada a partir de estos tests puede entonces ser utilizada para realizar

ajustes apropiados al programa de entrenamiento individual. La determinación del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{máx}}$ ) mediante calorimetría indirecta es una de las mediciones más frecuentemente realizadas para la medición de la capacidad aeróbica. Si bien esta es una valoración muy precisa y reproducible (3, 17, 32), tiene sus desventajas en términos de disponibilidad, costo y tiempo. Un test de campo válido para la medición de la capacidad de resistencia podría eliminar muchas de las limitaciones de la evaluación de laboratorio. Los test de campo pueden reducir la dependencia de equipamiento especializado e incrementar el número de sujetos evaluados por vez (21, 33). Por lo tanto, el atleta y el entrenador pueden obtener una retroalimentación más regular, y si el test es válido, pueden obtener información similar a la obtenida con tests de laboratorio.

El test de ir y volver de 20 metros (20-MST) y el test de 12 minutos son dos tests de campo ampliamente utilizados para la valoración de la capacidad aeróbica (9, 21). El test 20-MST fue desarrollado por Leger y Lambert (21) a partir del Test de la Universidad de Montreal (20) y consiste de un protocolo incremental que requiere que el atleta realice el recorrido hasta el agotamiento volitivo. Este test difiere de otros tests de campo en que puede ser realizado por un tiempo establecido (4, 9, 14) o para una distancia establecida (26, 34). En el estudio inicial de Leger y Lambert (21) en donde se presentó el diseño y la validación de este test, se halló una relación significativa ( $r = 0.84$ ) entre el test 20-MST y el  $VO_{2\text{máx}}$  para un grupo de hombres y mujeres adultos saludables. El test de Cooper de 12 minutos (9) es una medición de la capacidad de resistencia desarrollado a partir del test de Balke (4) de 15 minutos y ha sido ampliamente utilizado con un test de campo por más de 25 años (13, 25, 27). Se han hecho intentos por validar test de carrera sobre diversas distancias, aunque estos han sido pocos y han producido resultados equívocos (14, 16).

	<b>Deportistas Competitivos</b>	<b>Jugadores de Rugby de Nivel Internacional</b>
<b>Edad (años)</b>	20.3 ± 0.7	22.3 ± 0.3
<b>Talla (cm)</b>	175.9 ± 1.6	187.0 ± 2.2
<b>Peso (kg)</b>	76.0 ± 2.2	93.8 ± 3.7
<b>Grasa Corporal (%)</b>	12.3 ± 1.7	14.1 ± 2.2

**Tabla 1.** Características físicas. Los datos están presentados como medias ± EE. Deportistas competitivos (n = 15); jugadores de rugby de nivel internacional (n = 7).

El propósito de este estudio fue evaluar la validez del test 20-MST, del test de carrera de 12 minutos y del test de carrera de 3000 m, respecto de la medida de criterio de la resistencia aeróbica determinada durante un test en cinta ergométrica hasta el agotamiento en un grupo de deportistas competitivos jóvenes. Debido a que el test 20-MST es ampliamente utilizado en algunos deportes de conjunto como test para medir la resistencia aeróbica, también comparamos el test 20-MST con el  $VO_{2\text{máx}}$  obtenido en un test en cinta ergométrica en un grupo de jugadores de rugby de nivel internacional.

## MÉTODOS

### Sujetos

En la primera parte de este estudio participaron como voluntarios un grupo de 15 hombres jóvenes que se ejercitaban al menos tres veces por semana en deportes tanto individuales como de equipo. Se llevaron a cabo cuatro test de resistencia cardiovascular en un período de 2 semanas con al menos 4 días de recuperación entre cada test. Los sujetos fueron aleatoriamente asignados a uno de cuatro grupos, y los tests fueron llevados a cabo en orden aleatorio a la misma hora del día. Un grupo adicional de siete jugadores de rugby de nivel internacional realizaron un test en cinta ergométrica para la determinación del  $VO_{2\text{máx}}$  y el test 20-MST. Todos los sujetos tenían experiencia previa en cada test y firmaron una forma de consentimiento de acuerdo con las normas del National Coaching and Training Centre para la protección de sujetos humanos. Los datos antropométricos para la valoración de la composición corporal fueron obtenidos como parte del monitoreo inicial de los sujetos. El espesor de los pliegues cutáneos se midió con una precisión de 0.5 mm en siete sitios (pectoral, muslo, bicipital, tricipital, subescapular, abdominal y suprailíaco) utilizando técnicas estándar. El porcentaje de grasa fue estimado tal como lo describieran Jackson y Pollock (15). La talla fue medida utilizando un estadiómetro con una precisión de 0.1 cm y con los sujetos descalzos. El peso corporal fue medido con una precisión de 0.1 kg con los sujetos utilizando solo sus pantalones de entrenamiento. Las características físicas de ambos grupos de sujetos se presentan en la

Tabla 1. Los sujetos realizaron entradas en calor idénticas antes de cada test la cual consistió de 5 min de carrera ligera a una frecuencia cardíaca de 120 latidos por minuto (latidos/min), 7 minutos de estiramientos y por último 3 minutos de carrera con una frecuencia cardíaca de entre 120 y 130 latidos/min.

### Medición Directa del Consumo de Oxígeno

El consumo máximo de oxígeno fue determinado con un test progresivo en cinta ergométrica. Las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono fueron analizadas con un sistema completamente automatizado (Ametek OCM-2, Applied Electrochemistry, Pittsburgh, PA). Luego de 5 minutos a 6 millas por hora, la velocidad de la cinta se incrementó a 8 millas/hora, y de allí en adelante se mantuvo constante mientras se incrementaba la inclinación de la cinta a intervalos de 2 minutos, inicialmente en un 4% y luego en un 2% para las subsiguientes cargas de trabajo hasta el agotamiento. El test se consideró máximo si se satisfacían tres de los siguientes criterios: un índice de intercambio respiratorio  $\geq 1.1$ , una estabilización en el  $VO_{2\text{máx}}$  con el incremento de la carga, agotamiento volitivo, una concentración de lactato sanguíneo de  $\geq 9$  mmol/L, o una frecuencia cardíaca mayor al 95% del máximo estimado a partir de la edad.

### Mediciones Indirectas

El test 20-MST fue llevado a cabo en un tramo de 20 metros plano y claramente marcado sobre una pista de atletismo cubierta. Se requirió que los sujetos corrieran ida y vuelta el tramo de 20 metros, tocando la línea a cada extremo con un pie a medida que una cinta pre grabada emitía una señal sonora (7). La frecuencia de repetición de la señal sonora se incrementó con el tiempo, correspondiéndose con una velocidad específica de carrera. La velocidad inicial de carrera fue de 8 km/h y se incrementó a 9 km/h luego de 1 minuto y se allí en adelante se incrementó en 0.5 km/h a cada minuto. El test se daba por finalizado si el sujeto voluntariamente abandonaba la prueba o no llegaba a la línea en dos vueltas consecutivas. Ambas líneas fueron monitoreadas cuidadosamente por dos evaluadores colocados a cada extremo de los 20 metros. La última vuelta exitosamente finalizada era registrada como el punto de finalización. Los sujetos fueron instruidos para que completaran tantas vueltas como les fuera posible. La velocidad de la última vuelta completada exitosamente en metros por segundo fue considerada la velocidad máxima ( $V_{\text{máx}}$ ). Tanto la cinta como el reproductor fueron calibrados antes de cada test (23).

Los tests de carrera de 12 minutos y 3000 metros fueron llevados a cabo en una pista de atletismo cubierta de 200 metros con curvas inclinadas. Los sujetos fueron instruidos para que corrieran lo más rápido posible durante los 12 minutos y que completaran los 3000 metros lo más rápido posible pero que fueran conscientes del ritmo inicial para asegurar que pudieran completar los tests. El test de carrera de 12 minutos fue medido con una precisión de un metro utilizando una cinta métrica calibrada. Se utilizaron cronómetros manuales para registrar los tiempos de llegada en el test de 3000 metros. La velocidad fue calculada como el número promedio de metros por segundos cubiertos durante los tests.

### Mediciones Fisiológicas y Bioquímicas

Además de los datos de rendimiento, se realizaron diversas mediciones fisiológicas y bioquímicas. La frecuencia cardíaca fue monitoreada y registrada a intervalos de 5 segundos utilizando un Monitor de Frecuencia Cardíaca Polar Sport Testet (Polar, Kempele, Finland).

Test	Rendimiento	Frecuencia Cardíaca (latidos/min)	Índice de Esfuerzo Percibido (unidades)
<b>Deportistas Competitivos</b>			
$VO_{2\text{máx}}$ (mL/kg/min)	59.8 $\pm$ 1.2	199.9 $\pm$ 2.8	18.8 $\pm$ 0.3
20-MST (vueltas)	118.3 $\pm$ 4.9	196.5 $\pm$ 2.9	16.3 $\pm$ 0.6**
Carrera de 12 min (m)	3074.6 $\pm$ 45.6	198.3 $\pm$ 2.9	17.5 $\pm$ 0.4
Carrera de 3000 m (s)	702.4 $\pm$ 14.6	197.5 $\pm$ 2.7	17.5 $\pm$ 0.2
<b>Jugadores de Rugby</b>			
$VO_{2\text{máx}}$ (mL/kg/min)	54.1 $\pm$ 1.4	192.6 $\pm$ 5.1	
20-MST (Vueltas)	88.4 $\pm$ 3.6		

**Tabla 2.** Datos de las mediciones fisiológicas y de rendimiento. Los datos son presentados como medias  $\pm$  EE. Deportistas competitivos (n = 15); jugadores de rugby de nivel internacional (n = 7). \*\*Significativamente menor que en el test de  $VO_{2\text{máx}}$ ,  $p < 0.05$ .

Las concentraciones de lactato sanguíneo se obtuvieron a partir de muestras recolectadas en el lóbulo de la oreja antes y a los 2 y 5 minutos post ejercicio. Las muestras de sangre fueron inmediatamente analizadas en un Analizador de Lactato YSI 1500 Sport (YSI; Yellow Springs, OH). También se obtuvieron muestras de sangre de la vena antecubital 12 horas después de cada sesión de ejercicio que fueron almacenadas a -80°C para la subsiguiente determinación de la actividad plasmática de creatin quinasa (CK). La actividad total de la CK fue determinada a 37°C en un sistema de análisis sanguíneo automatizado (IL Monarca) de acuerdo a los métodos descritos por Szasz et al (31) utilizando reactivos 181605-90 IL Test™.

### Análisis Estadísticos

Se utilizó la correlación producto momento de Pearson para comparar los datos de rendimiento. Se realizó la comparación de los valores de consumo de oxígeno (mL/kg/min) obtenidos con el test de VO<sub>2</sub>máx, con las vueltas completadas en el test 20-MST, con los metros recorridos en el test de carrera de 12 minutos y con los segundos realizados en el test de 3000 metros. Se calculó el error estándar de estimación (EEE) para el VO<sub>2</sub>máx estimado a partir de los coeficientes de correlación y la desviación estándar de los datos del VO<sub>2</sub>máx. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA de una vía para evaluar las diferencias entre la velocidad, la frecuencia cardíaca, el índice de esfuerzo percibido, la concentración de lactato y la actividad de creatín-quinasa entre los tests. Todos los valores están expresados como medias ± EE. El nivel aceptable de significancia estadística fue establecido a priori a 0.05.

## RESULTADOS

### Resultados de Rendimiento

Los datos de rendimiento se presentan en la Tabla 2. el valor medio de VO<sub>2</sub>máx para los deportistas competitivos fue de 59.8 ± 1.2 mL/kg/min, el cual fue significativamente mayor que el valor observado para los jugadores de rugby de nivel internacional (54.1 ± 1.4 mL/kg/min). Las medidas de rendimiento para el test 20-MST también mostraron diferencias significativas (p<0.05) entre las vueltas completadas por los deportistas competitivos y los jugadores de rugby de nivel internacional (118.3 ± 4.9 vs 88.4 ± 3.6 vueltas, respectivamente).

Test	VO <sub>2</sub> máx.	20-MST	Test de 12 min	Test de 3000 m
<b>Deportistas Competitivos (n = 15)</b>				
VO <sub>2</sub> máx	1			
20-MST	0.41	1		
Test de 12 min	0.67	0.48	1	
Test de 3000.m	-0.67	-0.57	-0.96	1
<b>Jugadores de Rugby (n = 7)</b>				
20-MST	0.42			

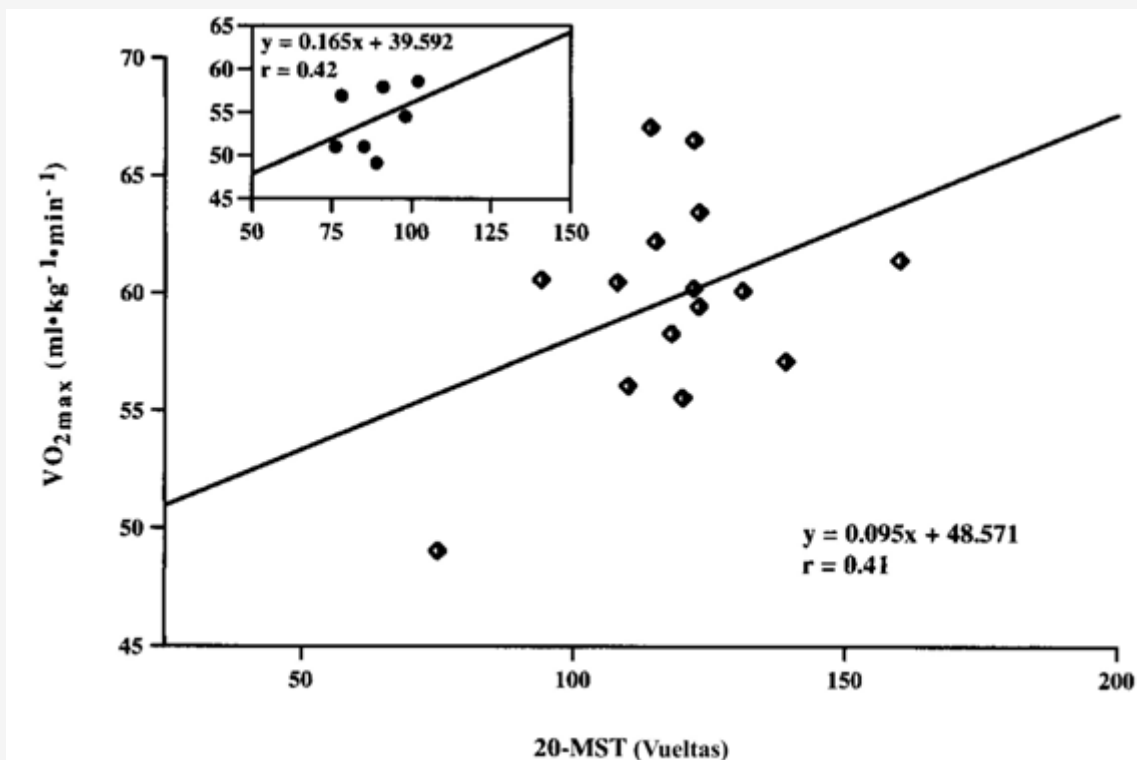
**Tabla 3.** Correlaciones entre los tests.

Los deportistas competitivos cubrieron una distancia media de 3074 ± 45.6 m durante el test de 12 minutos y tardaron 702.4 ± 14.6 segundos en completar el test de 3000 metros. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los tests respecto de los valores de la frecuencia cardíaca; sin embargo, los índices de esfuerzo percibido (RPE) fueron significativamente menores (p<0.05) para el test 20-MST en comparación con el test de VO<sub>2</sub>máx.

Los coeficientes de validez entre las variables dependientes e independientes para ambos grupos de sujetos se muestran en la Tabla 3. El test de carrera de 12 minutos (r = 0.67) y el test de carrera de 3000 m (r = -0.67) estuvieron significativamente correlacionados (p<0.05) con el test de VO<sub>2</sub>máx y además mostraron estar correlacionados entre ambos (r = -0.96). La correlación entre el test 20-MST y el test de VO<sub>2</sub>máx en el grupo de jugadores de rugby de nivel internacional (r = 0.42) y en el grupo de deportistas competitivos (r = 0.41) no fue estadísticamente significativa (Figura 1). Sin embargo, cuando los datos del test 20-MST de ambos grupos fueron combinados, se halló una correlación (r = 0.61) significativa (p<0.05). El EEE para la estimación del VO<sub>2</sub>máx a partir del test 20-MST en el grupo de deportistas competitivos (CSP), en el grupo de jugadores de rugby de nivel internacional (IRP) y en ambos grupos combinados fue de

4.07, 3.46 y 3.94 respectivamente.

La media para la velocidad máxima en el test 20-MST fue de  $3.95 \pm 0.05$  m/s en los deportistas competitivos.



**Figura 1.** Correlación entre el VO<sub>2</sub>máx y el test 20-MST para los deportistas competitivos y para los jugadores de rugby de nivel internacional (recuadro).

Test	Pre Ejercicio	2 minutos Post Ejercicio	5 minutos Post Ejercicio
VO <sub>2</sub> máx	1.2 ± 0.1	12.2 ± 0.9†	11.9 ± 1.0†
20-MST	1.7 ± 0.2	10.5 ± 0.9†‡	8.9 ± 1.0†‡
Carrera de 12 min	1.4 ± 0.1	11.7 ± 0.6†	9.8 ± 0.7†
Carrera de 3000 m	1.7 ± 0.2	11.8 ± 1.2†	10.5 ± .1†

**Tabla 4.** Concentración de lactato sanguíneo (mmol/L). Los datos se presentan como medias ± EE. Deportistas competitivos (n = 15). † Significativamente diferente del reposo (p<0.05); ‡ significativamente diferente del test de VO<sub>2</sub>máx (p<0.05).

Esta velocidad promedio fue utilizada para completar tanto el test de 12 minutos ( $4.27 \pm 0.06$  m/s) como el test de 3000 metros ( $4.29 \pm 0.08$  m/s). Los coeficientes de validez no cambiaron cuando se utilizó la velocidad para comparar los resultados del test de VO<sub>2</sub>máx con los de los tests de campo. Estas observaciones sugieren que la velocidad promedio durante un test de carrera puede ser utilizada para predecir la capacidad de resistencia.

### Datos Bioquímicos

En todos los tests las concentraciones de lactato post ejercicio fueron significativamente (p<0.05) mayores a las observadas pre ejercicio (Tabla 4). Los niveles de lactato sanguíneo fueron significativamente menores (p<0.05) tanto a los 2 min post ejercicio como a los 5 min post ejercicio en el test 20-MST en comparación con el test de VO<sub>2</sub>máx.

Las concentraciones de creatín quinasa medidas 12 horas post ejercicio estuvieron ligeramente fuera de los rangos

normales de 24-195 U/L (test de  $VO_2$ máx,  $264 \pm 25.6$  U/L; 20-MST,  $276 \pm 71.4$  U/L; carrera de 12 minutos,  $266.8 \pm 56.7$  U/L; carrera de 3000 m,  $245.1 \pm 38.7$  U/L). No se hallaron diferencias significativas en la concentración de CK entre los tests.

## DISCUSION

Los resultados del presente estudio respaldan la validez del test de 12 minutos ( $r = 0.67$ ) para estimar el consumo máximo de oxígeno y mostraron que el test de carrera de 3000 m ( $r = -0.67$ ) es una medida igualmente válida de la capacidad de resistencia. Sin embargo, en contraste con datos previamente reportados (1, 5, 6, 24), nosotros no observamos una relación significativa entre el test 20-MST y el consumo máximo de oxígeno, determinado con un test de laboratorio, tanto en deportistas competitivos ( $r = 0.41$ ) como en jugadores de rugby de nivel internacional ( $r = 0.42$ ). Sin embargo, cuando los resultados de ambos grupos fueron combinados, se halló una correlación ( $r = 0.61$ ) significativa ( $p < 0.05$ ). La significativa mejora en la posibilidad para estimar la capacidad de resistencia pudo deberse al mayor tamaño de la muestra y/o al mayor rango tanto de  $VO_2$ máx como de valores del test 20-MST. No obstante, aun existen diferencias significativas en la capacidad de los atletas para alcanzar el máximo potencial de ejercicio y para contrarrestar la fatiga durante el test 20-MST en comparación con otros tests.

En el laboratorio, la capacidad aeróbica se mide comúnmente determinando el mayor consumo de oxígeno alcanzado durante un test con carga incremental. El mayor consumo de oxígeno se denomina consumo máximo de oxígeno o  $VO_2$ máx, y provee una indicación de la producción máxima de energía aeróbica que el atleta es capaz de generar. Un alto valor de  $VO_2$ máx es esencial para el éxito en la mayoría de los deportes de resistencia, aunque la eficiencia o el porcentaje del  $VO_2$ máx que el atleta es capaz de sostener durante un período prolongado de tiempo, puede de hecho predecir de mejor manera el potencial de rendimiento (10). Por lo tanto, los tests de campo específicos de eventos deportivos pueden proveer una mejor indicación de la capacidad de rendimiento. Para valorar el impacto fisiológico asociado con cada test y para verificar que los sujetos estuvieran dando su máximo esfuerzo, obtuvimos diversas medidas independientes del rendimiento. Los datos sobre la frecuencia cardíaca máxima, el RPE y la concentración de lactato post ejercicio indicaron que los tests fueron máximos. Sin embargo, los valores del RPE y de la concentración de lactato post ejercicio luego del test 20-MST fueron significativamente menores que los observados con el test de  $VO_2$ máx. El resultado de rendimiento puede estar determinado por la velocidad máxima que es alcanzada y sostenida (8, 10, 11) y por la eficiencia aeróbica para la prevención de la acumulación de lactato. Las comparaciones de la velocidad entre los tests de campo muestran que la velocidad máxima del 20-MST ( $3.95 \pm 0.05$  m/s) fue significativamente menor ( $p < 0.05$ ) que la velocidad promedio alcanzada en el test de 12 minutos ( $4.27 \pm 0.06$  m/s) y en el test de carrera de 3000 metros ( $4.29 \pm 0.08$  m/s). Aun cuando es difícil comparar la velocidad máxima y la velocidad promedio, el propósito de esta comparación es mostrar que, durante el test 20-MST, los sujetos fallaron en alcanzar la velocidad que pudieron sostener durante casi todo el test de distancia (~12 minutos), lo cual sugiere que hay factores adicionales que pudieron haber contribuido a la varianza en el rendimiento y en el comienzo de la fatiga. Las concentraciones de lactato también fueron significativamente menores en el test 20-MST que en el test en cinta ergométrica. Por lo tanto, el análisis de los factores que influyen el rendimiento parece indicar que la velocidad durante el test y la acumulación de iones hidrógenos fueron menores, sugiriendo que hay otros factores no fisiológicos que pudieron haber contribuido a la finalización de este test.

La fuente primaria de variación puede haber sido la capacidad interindividual de acelerar y desacelerar y la eficiencia mecánica asociada con los cambios constantes de dirección. Ahmaidi et al (1) también hallaron menores velocidades máximas durante el test 20-MST en comparación con un test en cinta ergométrica para la determinación del  $VO_2$ máx. Los cambios en la velocidad y en la dirección afectan la capacidad de un atleta/jugador para alcanzar el estado estable, lo cual a su vez reduce la eficiencia de la zancada. Estos factores pueden tener un efecto directo sobre la capacidad para alcanzar el máximo durante un test para medir la capacidad de resistencia. Esto puede ser particularmente evidente en los jugadores de rugby de nivel internacional, quienes corrieron solo  $88.4 \pm 3.6$  vueltas en el 20-MST. El mayor tamaño corporal de estos hombres pudo dificultar que cambiaran de dirección de manera eficiente durante el test. La resultante pérdida de tiempo pudo haber forzado a estos sujetos a incrementar su velocidad para llegar a la línea y así completar la siguiente vuelta. Por lo tanto la fatiga pudo haber resultado de una mayor contribución anaeróbica. Un test de  $VO_2$ máx está diseñado para evaluar la capacidad aeróbica, y un test con incrementos de 1 minuto no permite que se establezca el estado estable aeróbico.

En el presente estudio medimos los niveles de CK 12 horas después de cada sesión de ejercicio para determinar si hubo cualquier variación en el daño muscular post test y si los sujetos experimentaron algún tipo de inflamación muscular retrasada que pudiera haber interferido con el rendimiento en los subsiguientes tests. La inflamación muscular inducida por el ejercicio está asociada con el daño miofibrilar y ha mostrado resultar en la disrupción de los sarcómeros, de las

bandas Z y en fibras necróticas (12, 16, 28). El proceso generalmente es iniciado por una serie inusual o excesiva de ejercicio que incluye contracciones musculares excéntricas. Nosotros hemos mostrado previamente que una serie aguda de carrera en cinta ergométrica hasta el agotamiento puede estar asociada con daño muscular y resistencia a la insulina (18, 19). En el presente estudio, hemos observado niveles similares de CK, 12 horas después de todos los tests de ejercicio, lo cual nos llevó a concluir que el cambio de dirección y la aceleración/desaceleración en el test 20-MST, que provocó menores concentraciones de lactato y tuvo una pobre correlación con el test de  $VO_2$ máx, no resultó en un mayor daño muscular.

El contraste entre nuestros hallazgos y las correlaciones previamente reportadas entre el test 20-MST y el test de  $VO_2$ máx pueden relacionarse con diferencias en el diseño experimental. Por ejemplo, varios de los estudios que han examinado la validez del test 20-MST han sido llevados a cabo con niños (6, 24) en lugar de con adultos entrenados. En algunos casos, el  $VO_2$ máx fue estimado y en otros se utilizó el  $VO_2$  pico medido en un cicloergómetro como medida de criterio (33). Sin embargo, las diferencias en la elección del test no pueden explicar completamente los contrastantes hallazgos. Armstrong et al (2) también han reportado que el  $VO_2$  pico en jóvenes no pudo ser estimado con precisión por el test 20-MST ( $r = 0.54$ ) y van Praagh et al (33) reportaron resultados similares ( $r = 0.46$ ) para un grupo de niños de 7-12 años. Paliczka et al (29) hallaron que un grupo de sujetos deportistas, con un valor medio de  $VO_2$ máx similar al de los sujetos del presente estudio ( $59.0 \pm 9.9$  vs  $59.8 \pm 1.2$  mL/kg/min) pero con un menor número promedio de vueltas en el test 20-MST ( $105 \pm 23.7$  vs  $118 \pm 4.9$  vueltas) tuvo una correlación altamente significativa ( $r = 0.93$ ) entre el  $VO_2$ máx y las vueltas completadas en el test 20-MST. El estudio llevado a cabo por Paliczka et al (29) contó con nueve sujetos y demostró que una correlación significativa puede hallarse con una muestra de tamaño pequeño. El protocolo utilizado fue el original de Leger y Lambert (21), el cual tiene etapas de 2 minutos y, siendo más aeróbico, puede explicar algunas de las diferencias en el rendimiento. Sin embargo, Ramsbottom et al (30) hallaron una correlación significativa ( $r = 0.83$ ) entre el  $VO_2$ máx y el test 20-MST con el mismo protocolo y la misma población de sujetos que la utilizada en el presente estudio, lo cual indica que el protocolo del test 20-MST no puede explicar los resultados del presente estudio.

### Aplicaciones Prácticas

Desde un punto de vista práctico, tanto el test de 12 minutos como el test de 3000 metros, proveen resultados relativamente consistentes y ambos parecen válidos para evaluar la capacidad de resistencia en deportistas competitivos. El test de 3000 metros parece más sencillo de implementar debido a que todo lo que se necesita es un cronómetro y un recorrido marcado, mientras que el test de 12 minutos requiere que el punto de llegada de cada individuo sea medido separada y precisamente. Los resultados del test de 12 minutos y de 3000 metros sugieren que los tests continuos pueden ser más apropiados para estimar el consumo máximo de oxígeno en un grupo de hombres deportistas. Leger et al (22) propuso que el test 20-MST es adecuado para todas las poblaciones y para todos los grupos de edades. Los datos de nuestro estudio no solo no respaldan estas observaciones sino que señalan la necesidad de desarrollar test que sean más específicos para poblaciones de deportistas y que tengan en cuenta las diversas demandas de cada deporte en particular (e.g., resistencia, deportes de campo o deportes que se juegan sobre algún tipo de superficie especial como por ejemplo el tenis). Con respecto a la población de deportistas competitivos, el test 20-MST en la forma utilizada en el presente estudio parece más adecuado para jugadores de deportes que se juegan sobre superficies. Sin embargo, la especialización de otros eventos deportivos requerirá que se realicen modificaciones para reflejar con mayor precisión la evaluación de laboratorio. En conclusión, el test 20-MST no produjo una estimación significativa de la capacidad de resistencia en el grupo de deportistas competitivos ni en el grupo de jugadores de rugby de nivel internacional. El test 20-MST resultó en una menor acumulación de lactato, en una menor velocidad y un menor RPE pero produjo niveles similares de CK. Por lo tanto, el reclutamiento de las fibras musculares u otros factores biomecánicos pudieron haber contribuido más a la finalización del test que en los otros test de campo o de laboratorio. Cuando se combinaron los datos de rendimiento de los grupos CSP e IRP para el test 20-MST, se halló una correlación positiva y significativa con el  $VO_2$ máx. La relación no es tan fuerte como la observada en estudios previos, pero los sujetos utilizados en el presente estudio sugieren la necesidad de especializar los tests para cubrir los requerimientos de los diferentes deportes. En contraste, el test de 12 minutos y el test de 3000 metros parecen ser válidos para estimar el  $VO_2$ máx entre deportistas competitivos varones jóvenes. De esta manera, para realizar mediciones de campo de la aptitud física en corredores y jugadores de rugby, tanto el test de 3000 m como el test de 12 minutos parecen mejores que el test 20-MST.

### Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a Michael Fitzgerald por su excelente soporte técnico, a Cora Fenton y Elaine McGowan por su asistencia en la recolección de los datos, a los sujetos que se ofrecieron como voluntarios por su esfuerzo y su tiempo y a Sean Naughton por proveer el acceso a la pista de atletismo cubierta de Nenagh. Los autores también quisieran rendir un especial tributo a Liam Dugdale (fallecido), ex Director del Departamento de Educación Física y Ciencias del Deporte de la Universidad de Limerick, quien tuvo la visión y el talento visionario de facilitar esfuerzos de colaboración que hicieron este estudio posible.

## REFERENCIAS

1. AHMAIDI, S., K. COLLOMP, C. CAILLAUD, AND C. PREFAUT (1992). 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.* 13:243-248
2. ARMSTRONG, N., J. WILLIAMS, AND D. RINGHAM (1988). Peak oxygen uptake and progressive shuttle run performance in boys aged 11-14 years. *Br. J. Phys. Ed.* 19:10-11
3. ASTRAND, P.O (1956). Human physical fitness with special reference to age and sex. *Physiol. Rev.* 36:307-335
4. BALKE, B (1963). A Simple Field Test for the Assessment of Physical Fitness. *Oklahoma City: Civil Aeromedical Research Institute, Federal Aviation Agency*
5. BARNETT, A., L.Y.S. CHAN, AND I.C. BRUCE (1993). A preliminary study of the 20-m multistage shuttle run as a predictor of peak  $\dot{V}O_{2\max}$  in Hong Kong Chinese students. *Ped. Exerc. Sci.* 9:42-50
6. BOREHAM, C.A.G., V.J. PALICZKA, AND A.K. NICHOLS (1990). A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 30:19-23
7. BREWER, J., R. RAMSBOTTOM, AND C. WILLIAMS (1988). Multi-Stage Fitness Test. *Leeds: National Coaching Foundation*
8. CAMUS, G (1992). Relationship between record time and maximal oxygen consumption in middle-distance running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64:534-537
9. COOPER, K.H (1968). A means of assessing maximal oxygen intake. *J. Am. Med. Assoc.* 203:201-204
10. COSTILL, D.L., H. THOMASON, AND E. ROBERTS (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med. Sci. Sports.* 5:248-252
11. EVANS, S.L., K.P. DAVY, E.T. STEVENSON, AND D.R. SEALS (1995). Physiological determinants of 10-km performance in highly trained female runners of different ages. *J. Appl. Physiol.* 78:1931-1941
12. FRIDEN, J.M., M. SJOSTROM, AND B. EKBLOM (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int. J. SportsMed.* 4:170-176
13. JACKSON, A.S., AND A.E. COLEMAN (1976). Validation of distance run tests for elementary school children. *Res. Q. Exerc. Sports* 47:86-94
14. JACKSON, A., K. DER WEDUWE, R. SCHICK, AND R. SANCHEZ (1990). An analysis of the validity of the three-mile run as a field test of aerobic capacity in college males. *Res. Q. Exerc. Sports* 61:233-237
15. JACKSON, A.S., AND M.L. POLLOCK (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br. J. Nutr.* 40:497-504
16. JONES, D.A., D.J. NEWHAM, J.M. ROUND, AND S.E.J. TOLFREE (1986). Experimental human muscle damage: Morphological changes in relation to other indices of damage. *J. Physiol.* 375:435-448
17. KENNEY, W.L (1995). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *Baltimore: Williams and Wilkins*
18. KIRWAN, J.P., R.E. BOUREY, W.M. KOHRT, M.A. STATEN, AND J.O. HOLLOSZY (1991). Effects of treadmill exercise to exhaustion on the insulin response to hyperglycemia in untrained men. *J. Appl. Physiol.* 70:246-250
19. KIRWAN, J.P., R.C. HICKNER, K.E. YARASHESKI, W.M. KOHRT, B.V. WIETHOP, AND J.O. HOLLOSZY (1992). Eccentric exercise induces transient insulin resistance in healthy individuals. *J. Appl. Physiol.* 72: 2197-2202
20. LEGER, L., AND R. BOUCHER (1980). An indirect continuous running multistage field test: The Universite de Montreal Track Test. *Can. J. Appl. Sci.* 5:77-84
21. LEGER, L.A., AND J. LAMBERT (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict  $\dot{V}O_{2\max}$ . *Eur. J. Appl. Physiol.* 49:1-12
22. LEGER, L.A., D. MERCIER, C. GADOURY, AND J. LAMBERT (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports Sci.* 6:93-101
23. LEGER, L.A., AND M. ROUILLARD (1983). Speed reliability of cassette and tape players. *Can. J. Appl. Sports Sci.* 8:47-48
24. MAHONEY, C (1992). 20-MST and PWC170 validity in non-Caucasian children in the UK. *Br. J. Sports Med.* 26:45-47
25. MAKSUD, M.G., AND K.D. COUTTS (1971). Application of the Cooper twelve-minute run-walk test to young males. *Res. Q. Exerc. Sports* 42:54-59
26. MASSICOTTE, D.R., R. GAUTHIER, AND P. MARKON (1985). Prediction of  $\dot{V}O_{2\max}$  from the running performance in children aged 10-17. *J. Sports Med.* 25:10-17
27. MCCUTCHEON, M.C., S.A. STICHA, M.D. GIESE, AND F.J. NAGLE (1990). A further analysis of the 12-minute run prediction of maximal aerobic power. *Res. Q. Exerc. Sports* 61:280-283
28. NEWHAM, D.J., G. MCPHAIL, K.R. MILLS, AND R.H.T. EDWARDS (1983). Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *J. Neurol. Sci.* 61:109-122
29. PALICZKA, V.J., A.K. NICHOLS, AND C.A.G. BOREHAM (1987). A multistage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Br. J. Sports Med.* 21:163-164
30. RAMSBOTTOM, R., J. BREWER, AND C. WILLIAMS (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br. J. Sports Med.* 22:141-144
31. SZASZ, G.W. GRUBER, AND E. BERNT (1976). Creatine kinase activity in serum. I. Determination of optimum reaction conditions. *Clin. Chem.* 22:650-656
32. TAYLOR, H., E. BUSKIRK, AND A. HENSCHEL (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J. Appl. Physiol.* 8:73-80
33. VAN PRAAGH, E., M. BEDU, G. FALGAIRETTE, N. FELLMAN, AND J. COUDERT (1988). Comparaison entre  $\dot{V}O_{2\max}$  direct et indirect chez l'enfant de 7 et 12 ans. Validation d'une epreuve se terrain. *Sci. Sports* 3:327-332
34. ZWERIN, L.D., P.S. FREEDSON, A. WARD, S. WILKE, AND J.M. RIPPE (1991). Estimation of  $\dot{V}O_{2\max}$ : A



comparative analysis of five exercise tests. *Res. Q. Exerc. Sports* 62:73-78

**Cita Original**

O'Gorman, D., A. Hunter, C. Mc-Donnacha, and J.P. Kirwan. Validity of field tests for evaluating endurance capacity in competitive and international level sports participants. *J. Strength Cond. Res.* 14(1):62-67. 2000.