

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



REVISIÓN

Test *course navette* de 20 metros con etapas de un minuto. Una idea original que perdura hace 30 años



Gastón César García^{a,*} y Jeremías David Secchi^b

^a Instituto Superior de Formación Docente, San Rafael, Mendoza, Argentina

^b Profesorado de Educación Física, Universidad Adventista del Plata, Libertador San Martín, Entre Ríos, Argentina

Recibido el 15 de enero de 2014; aceptado el 16 de junio de 2014

Disponible en Internet el 3 de agosto de 2014

PALABRAS CLAVE

20 m shuttle run test;
Course navette;
VO₂max;
Test de campo;
Componente
cardiorrespiratorio

Resumen A 30 años de su publicación, el test *course navette* de 20 metros con etapas de un minuto (20m-SRT) sigue siendo el test más utilizado mundialmente, tanto en las áreas de salud, como en la escolar y deportiva. Esto se debe a la practicidad de medición, validez en un amplio rango de edades y poblaciones, fiabilidad y sensibilidad. Sin embargo, el principal motivo de su aplicabilidad se debe a la idea original de correr en un espacio reducido de 20m, sin la necesidad de utilizar una pista de atletismo. El presente artículo tiene como objetivo revisar los trabajos de investigación más relevantes del 20m-SRT publicados en los últimos 30 años y su aplicabilidad en el campo.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

20 m shuttle run test;
Course navette;
VO₂max;
Field test;
Cardiorespiratory
component

20 meters shuttle run test with stages of one minute. An original idea that has lasted for 30 years

Abstract To 30 years of their publication, the course navette test of 20 meters with stages of one minute (20m-SRT) continues being the test but used worldwide, so much in the area of health, school and sport. This is due to the feasibility, validity in a wide range of ages and populations, reliability and sensibility. However the main reason of its applicability is due to the original idea of running in a reduced space of 20 meters, without the necessity of using an athletics track. The present article has as objective to revise the most outstanding investigation works in the 20m-SRT published in the last 30 years and its applicability in the field.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: garciaaston@yahoo.com.ar (G.C. García).

Introducción

El componente cardiorrespiratorio ha sido ampliamente estudiado debido a su relación con la salud, el rendimiento deportivo y la condición física, independientemente de la edad y el sexo¹⁻⁸. Hill et al. fueron precursores en la investigación cardiorrespiratoria, aportando el concepto de consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$)⁹. Hill definió el $VO_{2m\acute{a}x}$ como la tasa más alta a la cual el organismo es capaz de consumir oxígeno durante el ejercicio intenso⁹. Otros autores han definido al $VO_{2m\acute{a}x}$ como la máxima cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo¹⁰. El $VO_{2m\acute{a}x}$ alcanzado en un test progresivo y máximo es considerado la «herramienta de oro» (*gold method*) para evaluar el sistema cardiorrespiratorio^{10,11}. Hoy en día el $VO_{2m\acute{a}x}$ puede ser medido tanto en el laboratorio como en campo, debido a que existen analizadores de gases portátiles. Hay estudios que indican que los valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ medidos en la cinta no varían significativamente en relación con los obtenidos de forma directa en el campo¹². De todos modos, no todos los clubes o centros deportivos disponen de esta tecnología, que resulta costosa en equipamiento, requiere personal capacitado y consume mucho tiempo¹³. Los profesionales relacionados con la ciencias del ejercicio, profesores de educación física y entrenadores deportivos, entre otros, optan por utilizar un test de campo predictivo del $VO_{2m\acute{a}x}$ debido a su fácil aplicación, bajo costo y a que permite medir varios sujetos al mismo tiempo^{13,14}. Entre los test de campo predictivo, el más utilizado mundialmente es el *course navette* de 20 metros (20m-SRT)^{15,16}, también conocido como 20m shuttle run test o test de ida y vuelta en 20 m.

El presente estudio tiene como objetivo realizar una revisión sobre la construcción del test de ida y vuelta de 20 m, su validez, fiabilidad, sensibilidad y aplicabilidad.

Método

Las bases de datos informatizadas *on line* utilizadas para realizar la búsqueda en los ámbitos de las áreas de la salud y la educación física fueron: *PubMed*, *Scopus*, *Scielo* y *Sport-Discus*. Las palabras clave utilizadas fueron: a) en inglés: shuttle run, MSFT, 20MST, 20mSRT, beep test, multi stage fitness test; b) en castellano: test de ida y vuelta en 20 metros, c) en francés: *course navette*, test *navette* de 20 metros.

Para localizar la búsqueda de los trabajos se establecieron 2 límites. En primer lugar un límite temporal, para limitar la búsqueda entre enero de 2000 y enero de 2013. En segundo lugar se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica realizada por Tomkinson et al. (revisión 1980-2000)¹⁵.

Para la selección de los artículos se tuvieron en cuenta como criterios de *inclusión*: a) que el rendimiento del test se encontrara expresado en $VO_{2m\acute{a}x}$, velocidad, número de etapas, o número de pasadas de 20 m; y de *exclusión*: a) estudios científicos publicados en forma de resumen o de comunicación corta, b) redactados en idioma distinto al inglés, español o francés, c) sin descripción del protocolo del test ni de la muestra de estudio.

Discusión

Tras los resultados de las búsquedas, la discusión fue organizada por secciones de la siguiente manera:

- 1) La original idea de los 20 m; construcción, protocolo y evaluación.
- 2) Validez, fiabilidad y sensibilidad.
- 3) Aplicabilidad del *course navette* de 20 m en el ámbito escolar.
- 4) Aplicabilidad *course navette* de 20 m en los deportes de conjunto.
- 5) *Course navette* de 20 m y su relación con la velocidad aeróbica máxima.
- 6) Test sucesores del *course navette* de 20 m.

La original idea de los 20 metros

Construcción del instrumento

De acuerdo a la bibliografía, el primer autor en construir un test de campo indirecto con el objetivo de estimar el $VO_{2m\acute{a}x}$ fue Bruno Balke. En la década de los 50 realizó ensayos en la cinta, utilizando diferentes tiempos, en un rango de 1 a 30 min. Estos ensayos dieron origen al test de campo de 15 min¹⁷, el cual se caracteriza por ser un test continuo constante y máximo hasta la fatiga (CCM). Posterior a la propuesta de Balke (test 15 min), se desarrollaron otros test con los mismos fines bajo 2 modalidades: test continuos constantes máximos (CCM) y test incrementales continuos máximos (ICM)⁸.

Los test ICM tienen la característica de emitir una señal sonora para ajustar la velocidad de carrera. Además, las etapas son crecientes, simulando los protocolos utilizados en el laboratorio. El primer test ICM fue desarrollado por Leger y Bouchard¹⁸ en la década de los 80, este se denominó *Universite Montreal Track Test* (UMTT)¹⁸. Además este fue el primer test de campo que incluyó mujeres en la muestra. En la bibliografía, el UMTT es recomendado como uno de los mejores test predictivos del $VO_{2m\acute{a}x}$ en campo, debido a su bajo error estándar de estimación (EEE: $2,8 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) y a su alta correlación con el $VO_{2m\acute{a}x}$ medido^{14,18-20}. Sin embargo, tanto el UMTT como los demás test ya publicados (test 15 min y test 12 min), generaban la necesidad de utilizar una pista de atletismo. En muchos casos los centros deportivos o los establecimientos escolares no disponen de este tipo de instalaciones (pista). Por este motivo surge la necesidad de confeccionar un test de campo en un espacio reducido. Leger y Lamber construyeron un test con estas características, aplicable en un espacio de 20 m, teniendo como referencia el UMTT²¹. Esta idea original se denominó *test course navette de 20 metres avec paliers de 1 minute* en francés, más conocido con su nombre en inglés 20m shuttle run test (20m-SRT) o en su traducción al castellano test de ida y vuelta en 20 metros²¹⁻²³. Esta propuesta solucionó el problema de espacio y además brindó la posibilidad de controlar las variables climáticas bajo techo (frío, calor, nieve, viento, lluvia, entre otras). La primera versión del 20m-SRT fue publicada en 1982, validada para sujetos adultos²¹. La velocidad inicial fue de $7,5 \text{ km h}^{-1}$ y se incrementaba $0,6 \text{ km h}^{-1}$ cada 2 min. En 1984 se publicó una segunda versión para niños pero con un protocolo similar; la velocidad inicial

fue de $8,5 \text{ km h}^{-1}$ y la velocidad se incrementaba $0,5 \text{ km h}^{-1}$ cada minuto (estos datos se recolectaron en 1981)²². Este segundo trabajo marcó un hito histórico: la muestra estuvo compuesta por 7.024 niños con edades de 6 a 18 años, de ambos sexos ($n=3.669$ varones y $n=3.355$ mujeres, pertenecientes a la provincia de Quebec, Canadá). A pesar de existir 2 protocolos, la validación definitiva fue publicada en 1988, unificando un mismo protocolo para niños y adultos²³. El protocolo publicado es el que se utiliza en la actualidad: la velocidad inicial es de $8,5 \text{ km h}^{-1}$ y se incrementa $0,5 \text{ km h}^{-1}$ cada minuto.

Con la evidencia expuesta podemos decir que el 20m-SRT es el primer test construido bajo un recorrido no lineal (ida y vuelta), audible, aplicable a niños de ambos sexos a partir de los 6 años de edad hasta la adultez (aunque se recomienda utilizarlo a partir de los 8 años de edad).

Por último, es común que los autores llamen de forma diferente al 20m-SRT. Esto se debe a que, en cada investigación publicada de validación por el equipo de trabajo de Leger, se utilizaron diferentes nombres para referirse al mismo test:

- Nombre utilizado en 1982: 20-m shuttle run test²¹.
- Nombre utilizado en 1984: test *navette* de 20 metres avec paliers de 1 minute²².
- Nombre utilizado en 1988: multistage 20-m shuttle run test²³.
- Nombre utilizado en 1989: 20m shuttle run test with 1 min stages²⁴.

A pesar de este inconveniente léxico, es claro que siempre se hace referencia al mismo test; las palabras «20 metros» y «shuttle o navette» aparecen siempre (tienen el mismo significado en diferentes idiomas).

Protocolo y metodología de evaluación

El protocolo del 20m-SRT tiene las siguientes características: es un test audible, incremental, continuo (sin pausas), máximo hasta la fatiga, de aceleración y desaceleración (ir y volver). Consiste en correr el mayor tiempo posible entre 2 líneas separadas por 20 m en doble sentido, ida y vuelta (fig. 1).

El ritmo de carrera es impuesto por una señal sonora. El reproductor de audio debe estar colocado en un costado del espacio para facilitar el sonido. Las primeras etapas son de velocidad baja y tienen como objetivo familiarizarse con el test y, a su vez, realizar una entrada en calor específica. El sujeto debe pisar detrás de la línea de 20 metros en el momento justo en que se emite la señal sonora o «beep». El test finaliza cuando el sujeto se detiene porque alcanzó la fatiga o cuando por 2 veces consecutivas no llega a pisar detrás de la línea al sonido del «beep». Los participantes pueden ser alentados verbalmente para realizar el máximo esfuerzo. La relación evaluador-sujetos debe ser como máximo de 1:10. La velocidad obtenida en la última etapa completa es considerada como la velocidad final alcanzada (VFA). La velocidad inicial es de $8,5 \text{ km h}^{-1}$ y esta se incrementa $0,5 \text{ km h}^{-1}$ cada minuto. En la figura 2 se puede visualizar el protocolo del 20m-SRT desglosado cada

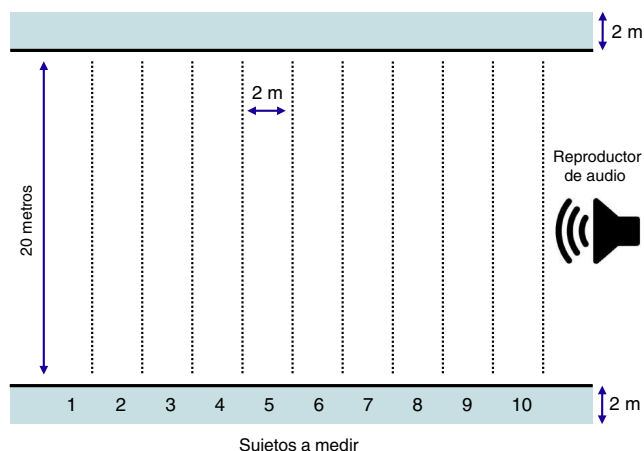


Figura 1 Representación gráfica del terreno a utilizar en el 20m-SRT.

20 m que, a su vez, es la planilla utilizada para la recolección de datos.

Tiene un total de 20 etapas, y la cantidad de repeticiones de 20 m se incrementa en forma análoga a la velocidad. Esto se debe a que, al aumentar la velocidad, los sujetos recorren más rápido los 20 m. Por este motivo la primera etapa tiene 7 repeticiones de 20 m y la última etapa tiene 15 repeticiones. La velocidad alcanzada en la última etapa completa se denomina VFA. Cabe aclarar que varios autores toman como sinónimos la VFA y la velocidad aeróbica máxima (VAM). La VAM es la velocidad mínima con la cual se alcanza el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ²⁵. Para no crear confusión diferenciaremos ambas variables. Hablaremos de VAM solamente cuando se emplea medición directa con un analizador de gases y de VFA cuando se utiliza la velocidad de la última etapa completa sin analizador de gases¹³. La VFA es utilizada para estimar el $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Existen 2 fórmulas, y estas dependen de la edad de los sujetos. Para adultos de 18 o más años se debe utilizar la siguiente fórmula propuesta por Leger et al. (1988)²³:

$$\text{VO}_{2\text{máx}} = (6 \times \text{FA}) - 27,4$$

Para niños de 6 a 17,9 años se debe utilizar la siguiente fórmula propuesta por Leger et al. (1988)²³:

$$\text{VO}_{2\text{máx}} = 31,025 + (3,238 \times \text{VFA}) - (3,248 \times E) + (0,1536 \times \text{VFA} \times E)$$

E: edad en años; VFA: velocidad en km h^{-1} .

Cabe aclarar que, si bien estas 2 fórmulas son las más utilizadas, otros autores han desarrollado otras fórmulas².

Todo test indirecto tiene un error estándar de medición, pero este se ve afectado aún más si el evaluador no contempla la forma correcta de localizar la VFA. Por este motivo ejemplificaremos 3 situaciones muy frecuentes en la medición del test (fig. 3).

En la planilla de medición están representados 3 sujetos, con sus correspondientes números arábigos (1, 2 y 3). El sujeto 1, finalizó la etapa 4 y abandonó el test. La VFA que le corresponde es de $10,0 \text{ km h}^{-1}$.

El sujeto 2 se detuvo en la etapa 8 y no pudo completarla. Por este motivo la VFA es de $11,5 \text{ km h}^{-1}$.

Etapa	Vel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8,5	20	40	60	80	100	120	140								
2	9	160	180	200	220	240	260	280	300							
3	9,5	320	340	360	380	400	420	440	460							
4	10	480	500	520	540	560	580	600	620							
5	10,5	640	660	680	700	720	740	760	780	800						
6	11	820	840	860	880	900	920	940	960	980						
7	11,5	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180					
8	12	1200	1220	1240	1260	1280	1300	1320	1340	1360	1380					
9	12,5	1400	1420	1440	1460	1480	1500	1520	1540	1560	1580					
10	13	1600	1620	1640	1660	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800				
11	13,5	1820	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020				
12	14	2040	2060	2080	2100	2120	2140	2160	2180	2200	2220	2240	2260			
13	14,5	2280	2300	2320	2340	2360	2380	2400	2420	2440	2460	2480	2500			
14	15	2520	2540	2560	2580	2600	2620	2640	2660	2680	2700	2720	2740	2760		
15	15,5	2780	2800	2820	2840	2860	2880	2900	2920	2940	2960	2980	3000	3020		
16	16	3040	3060	3080	3100	3120	3140	3160	3180	3200	3220	3240	3260	3280		
17	16,5	3300	3320	3340	3360	3380	3400	3420	3440	3460	3480	3500	3520	3540	3560	
18	17	3580	3600	3620	3640	3660	3680	3700	3720	3740	3760	3780	3800	3820	3840	
19	17,5	3860	3880	3900	3920	3940	3960	3980	4000	4020	4040	4060	4080	4100	4120	4140
20	18	4160	4180	4200	4220	4240	4260	4280	4300	4320	4340	4360	4380	4400	4420	4440

Figura 2 Protocolo del 20m-SRT, desglosado en una planilla de medición.

El sujeto 3 pasó por la misma situación, sin embargo le faltaron solamente 20 m para poder completar la etapa. Esta situación se suele dar con gran frecuencia. Por tal motivo, el entrenador utiliza la última etapa completa (en este caso $13,5 \text{ km h}^{-1}$) para estimar el $\text{VO}_{2\text{máx}}$, pero la etapa incompleta puede ser considerada para planificar cargas de entrenamiento, siempre y cuando haya recorrido como mínimo la mitad de la etapa. En este caso la etapa incompleta es de $14,0 \text{ km h}^{-1}$. Este segundo criterio es de uso estrictamente del entrenador, y no es propuesto por Leger en el trabajo original del 20m-SRT. En la parte superior de la figura 3 se exponen los resultados obtenidos por los 3 sujetos.

Validez, fiabilidad y sensibilidad del *course navette* de 20 metros

La validez, fiabilidad y sensibilidad son 3 características fundamentales que debe cumplir un test de campo²⁶. El término validez se refiere al grado en el que un instrumento realmente mide o estima la variable para la cual fue diseñado²⁷. Existen varios tipos de validez pero el presente artículo se centrará en analizar la validez predictiva del 20m-SRT. Esta consiste en comparar y correlacionar el rendimiento alcanzado en el campo con un test patrón (*gold method*). En la tabla 1 se muestran los trabajos de investigación de Leger y aquellos estudios posteriores que relacionaron el rendimiento del 20m-SRT con el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ medido en el laboratorio. Como se puede apreciar, la validez predictiva del 20m-SRT es aceptable, encontrando correlaciones entre 0,50-0,90 en un amplio espectro de edades (8-47 años).

A partir de la propuesta del 20m-SRT, varios investigadores se inclinaron por la utilización del test²⁸⁻⁵¹. En la tabla 1 se muestran los trabajos de investigación de Leger y aquellos trabajos que relacionaron el rendimiento en campo con la propuesta de 1988 ($0,5 \text{ km h}^{-1}$ cada minuto) con las mediciones directas de laboratorio. Las correlaciones obtenidas por los diferentes investigadores han sido similares a las obtenidas por Leger y su grupo de trabajo. De acuerdo a nuestra revisión, el 20m-SRT es el único test que ha sido validado en la altitud para estimar el $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Falgairrete et al. realizaron estudios en Bolivia³⁷. Se llevaron a cabo mediciones directas en laboratorio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) y mediciones indirectas en campo (CN-20m) a 2 altitudes; a 300 metros sobre nivel del mar (msnm) y a 3.700 msnm. La muestra estaba compuesta por niños bolivianos prepúberes y púberes (clasificados con el método de Tanner-Whitehouse). Las correlaciones obtenidas entre el 20m-SRT y el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ directo fueron de $r = 0,93$ (a 300 msnm) y $r = 0,84$ (a 3.700 msnm) (Falgairrete et al., 1994). Los niños utilizados en las evaluaciones realizadas a 3.700 msnm llevaban como mínimo 3 años viviendo en esa altitud.

En cuanto a la capacidad predictiva del 20m-SRT, debemos mencionar que la ecuación de Leger tiende a subestimar el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ medido en laboratorio. Sin embargo, el 20m-SRT ha mostrado ser más estable en las predicciones del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ en sujetos con distintos niveles de condición física cuando fue comparado con el test de 12 min³⁷.

La fiabilidad hace referencia al grado de acuerdo, consistencia o estabilidad de las mediciones cuando un instrumento es aplicado por los mismos evaluadores varias veces a los mismos sujetos y bajo condiciones similares. En

Tabla 1 Trabajos de investigación que fueron utilizados para validar el 20m-SRT en diferentes edades y poblaciones

Autor/año	n =	Edades	Sexo	Población	VO _{2máx} laboratorio	VO _{2máx} estimado	r
<i>Trabajos de investigación de Léger et al.</i>							
Leger et al., 1982 ²¹	5932	24,8 ± 5,527,3 ± 9,2	H M	Recreativos	51,6 ± 7,839,3 ± 8,3	—	0,84
Leger et al., 1988 ²³	188	8 a 19	Ambos	Recreativos	—	—	0,71
Leger et al., 1988 ²³	3839	-35 ^a +35 ^b	Ambos	Recreativos	—	—	0,90
Leger et al., 1989 ²⁴	77	31,0 ± 8,131,0 ± 6,9	H M	Recreativos	49,4 ± 10,1	48,8 ± 9,3	0,90
<i>Trabajos posteriores a la validación del 20m-SRT</i>							
van Mechelen et al., 1986 ²⁸	41	12 a 14	H	Alumnos	53,2 ± 5	—	0,68
van Mechelen et al., 1986 ²⁸	41	12 a 14	M	Alumnos	44,1 ± 4	—	0,69
Palizcka et al., 1987 ²⁹	9	35,4 ± 5	H	Entrenados	59,0 ± 9	—	0,93
Ramsbottom et al., 1989 ³⁰	38	19 a 36	M	Entrenados	47,4 ± 6	—	0,89
Ramsbottom et al., 1989 ³⁰	36	19 a 36	H	Entrenados	58,5 ± 7	—	0,82
Mahoney C. 1992 ³¹	53	12	H	Alumnos	43,8 ± 4	47,4 ± 17	0,83
Mahoney C. 1992 ³¹	50	12	M	Alumnos	38,5 ± 4	31,3 ± 12	0,76
Berthoin et al., 1992 ³²	17	22,6 ± 5	H	Educ. Fca	56,8 ± 7	51,1 ± 5	0,86
Ahmaidi S. 1992 ³³	11	23,1 ± 1	H	Educ. Fca	53,7 ± 1	—	0,83
Barnet et al., 1993 ³⁵	55	12 a 17	Ambos	Alumnos	49,5 ± 6,8	—	0,82
Grant et al., 1995 ³⁸	22	22,1 ± 2	H	Recreativos	60,1 ± 8	56,6 ± 2	0,86
St Clair Gibson et al., 1998 ⁴⁰	10	22 ± 2	H	Squash	63,4 ± 4	60,4 ± 1	0,61
St Clair Gibson et al., 1998 ⁴⁰	10	22 ± 3	H	Corredores	69,6 ± 6	62,2 ± 4	0,71
Stickland et al., 2003 ⁴¹	60	25,3 ± 5	H	Recreativos	54,9 ± 8	50,7 ± 9	0,87
Stickland et al., 2003 ⁴¹	62	25,1 ± 5	M	Recreativos	47,4 ± 6	45,1 ± 6	0,81
Flouris et al., 2004 ⁴²	40	21,6 ± 1	H	Recreativos	47,2 ± 6	55,3 ± 4	0,50
Matsuzaka et al., 2004 ⁴³	155	18 a 23	Ambos	Recreativos	49,5 ± 5,4	—	0,94
Matsuzaka et al., 2004 ⁴³	132	8 a 18	Ambos	Alumnos	50,3 ± 5,6	—	0,89
Aziz et al., 2005 ¹²	20	17,7 ± 0	H	Futbolistas	57,8 ± 4	59,1 ± 4	0,86
Mahar et al., 2006 ³⁹	135	12 a 14	Ambos	Escolares	44,4 ± 8,4	—	0,66
Metsios et al., 2006 ⁴⁴	40	21,5 ± 2	H	Recreativos	47,6 ± 5	51,2 ± 4	0,67
Metsios et al., 2008 ⁴⁵	74	21,6 ± 2	H	Recreativos	48,1 ± 2	52,3 ± 2	0,63
Ruiz et al., 2008 ⁴⁶	193	16,1 ± 1	H M	Alumnos	53,9 ± 6 37,1 ± 5	47,0 ± 536,3 ± 2	0,90
Chaterjee et al., 2010 ⁵⁰	40	22,04 ± 1,1	M	Estudiantes	32,8 ± 2,9	32,5 ± 3,3	0,94
Mahar et al., 2011 ⁵¹	244	10 a 16	Ambos	Alumnos	44,5 ± 9,3	44,5 ± 6,9	0,73

Alumnos: alumnos escolares; Educ. Fca: estudiantes de la carrera de educación física; H: hombres; M: mujeres; r: coeficiente de correlación de Pearson entre el VO_{2máx} medido y el 20m-SRT; Recreativos: sujetos que realizan actividad física de forma regular y deportistas recreacionales.

^a Sujetos menores de 35 años de edad.

^b Sujetos mayores de 35 años de edad.

Sujeto	VFA (km·h ⁻¹)	Distancia alcanzada (m)	VO _{2máx} estimado (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Tiempo empleado (min)
1	10,0	620	32,6	4
2	12,0	1180	44,6	8
3	13,5	2020	53,6	11

Etapas	Vel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8,5	20	40	60	80	100	120	140								
2	9	160	180	200	220	240	260	280	300							
3	9,5	320	340	360	380	400	420	440	460							
4	10	480	500	520	540	560	580	600	1							
5	10,5	640	660	680	700	720	740	760	780	800						
6	11	820	840	860	880	900	920	940	960	980						
7	11,5	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180					
8	12	1200	1220	1240	1260	1280	2	1320	1340	1360	1380					
9	12,5	1400	1420	1440	1460	1480	1500	1520	1540	1560	1580					
10	13	1600	1620	1640	1660	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800				
11	13,5	1820	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020				
12	14	2040	2060	2080	2100	2120	2140	2160	2180	2200	2220	3	2260			
13	14,5	2280	2300	2320	2340	2360	2380	2400	2420	2440	2460	2480	2500			
14	15	2520	2540	2560	2580	2600	2620	2640	2660	2680	2700	2720	2740	2760		
15	15,5	2780	2800	2820	2840	2860	2880	2900	2920	2940	2960	2980	3000	3020		
16	16	3040	3060	3080	3100	3120	3140	3160	3180	3200	3220	3240	3260	3280		
17	16,5	3300	3320	3340	3360	3380	3400	3420	3440	3460	3480	3500	3520	3540	3560	
18	17	3580	3600	3620	3640	3660	3680	3700	3720	3740	3760	3780	3800	3820	3840	
19	17,5	3860	3880	3900	3920	3940	3960	3980	4000	4020	4040	4060	4080	4100	4120	4140
20	18	4160	4180	4200	4220	4240	4260	4280	4300	4320	4340	4360	4380	4400	4420	4440

Figura 3 Ejemplificación de los 3 casos: utilizando una planilla de medición del 20m-SRT e informe de los resultados.

la literatura encontramos que el término fiabilidad es usado intercambiamente con repetible, reproducible, consistencia, concordancia, acuerdo y estabilidad²⁷. El diseño test y retest es el más utilizado para analizar la fiabilidad del 20m-SRT. Varios estudios de alta calidad han demostrado la fiabilidad del 20m-SRT en niños y adolescentes⁵². Sin embargo, en todos los casos los investigadores han analizado la fiabilidad del 20m-SRT en un rango de edades, como por ejemplo niños de 6 a 11 años⁵³, adolescentes de 12 a 18 años⁵⁴ o adultos de 20 a 45 años²³. Según la revisión efectuada, no existen trabajos de investigación que hayan verificado la fiabilidad del 20m-SRT edad por edad. Esto es importante porque un test de campo podría ser fiable en ciertas edades mientras que en otras, no⁵⁵. La tabla 2 muestra algunos estudios de fiabilidad del 20m-SRT realizados en niños, adolescentes y adultos donde puede apreciarse que las correlaciones entre test y retest oscilaron entre 0,73 y 0,97.

Lamb et al.⁴⁸ realizaron 3 mediciones con el 20m-SRT; test (1), retest (2) y nuevamente retest de retest (3). Las correlaciones obtenidas fueron; entre test 1 y 2 r=0,96, entre test 2 y 3 r=0,95 y entre test 1 y 3 r=0,94.

Varios métodos estadísticos fueron empleados para estudiar la fiabilidad del 20m-SRT y el más utilizado ha sido el coeficiente de correlación de Pearson. Sin embargo, las limitaciones de esta herramienta estadística para evaluar acuerdo, consistencia o estabilidad fueron claramente expuestas por Bland y Altman⁵⁶. Si bien hoy en día no existe

Tabla 2 Fiabilidad (test-retest) del *course navette* de 20 metros

Autor/año	n	Sexo	Edad	R
Leger et al., 1988 ²³	139	Ambos	6-16	0,89
Leger et al., 1988 ²³	81	Ambos	20-45	0,95
Mahoney C. 1992 ³¹	12	Hom	12	0,73
Mahoney C. 1992 ³¹	8	Muj	12	0,88
Liu et al., 1992 ³⁴	12	Hom	12-15	0,91
Liu et al., 1992 ³⁴	8	Muj	12-15	0,87
Aziz et al., 2005 ¹²	12	Hom	27,2 ± 3,7	0,97

Hom: hombres; Muj: mujeres; r: coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 3 Sensibilidad del 20m-SRT para verificar cambios postentrenamiento

Variables	Control		Experimental	
	Pre	Post	Pre	Post
<i>Laboratorio</i>				
VO _{2máx} (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	44,6 ± 3,1	45,85 ± 2,9	44,1 ± 2,4	51,2 ± 1,9*
FC _{máx} (lat min)	190 ± 3,2	187 ± 3,3	186 ± 3,6	190 ± 2,4
<i>20m-SRT</i>				
VO _{2máx} (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	45,5 ± 2,7	47,1 ± 2,5	43,7 ± 2,5	53,8 ± 2,1*
FC _{máx} (lat min)	194 ± 4,2	196 ± 3,5	195 ± 3,7	200 ± 3,4

FC_{máx}: frecuencia cardíaca máxima; VO_{2máx}: Consumo máximo de oxígeno.

Fuente: Resumen del trabajo de Ahmaidi et al.³⁶.

* p < 0,05 diferencia significativa con preentrenamiento.

consenso en cuanto a los criterios de calidad que deben cumplir los estudios de fiabilidad⁵², algunos autores han propuesto que varias herramientas estadísticas son necesarias para estudiar los distintos aspectos de la fiabilidad^{26,27,57}. Entre las cuales mencionamos la prueba ANOVA de medidas repetidas para verificar la diferencia entre medias entre test y retest o su equivalente prueba no paramétrica, el coeficiente de correlación intraclase, el método gráfico de Bland y Altman, el coeficiente de fiabilidad y el error técnico de medición.

Por otro lado, a la hora de utilizar un test indirecto en campo, no solo es importante observar la relación que existe con el VO_{2máx} directo, sino también verificar si el test es sensible para monitorizar cambios postentrenamiento. Ahmaidi et al., en 1993³⁶, evaluaron a 20 niños, que fueron divididos en 2 grupos: n = 10 grupo control y n = 10 grupo experimental. El grupo experimental entrenó durante 3 meses, 3 veces por semana, mientras que el grupo control no realizó ningún tipo de entrenamiento. Ambos grupos fueron evaluados antes y después de los 3 meses con un test en laboratorio y otro en campo. En el laboratorio se realizaron mediciones directas del VO_{2máx} y se compararon con los valores indirectos del VO_{2máx} a través del 20m-SRT. En la [tabla 3](#) se muestran los resultados obtenidos.

En el grupo control no se observaron cambios mientras que en el grupo experimental se obtuvieron mejoras en el VO_{2máx} postentrenamiento. Estas mejoras fueron visibles con el método directo (laboratorio), y con el método indirecto

(campo). No se observaron diferencias entre el laboratorio y el campo en ningún grupo. Esto demuestra que el CN-20m es un test válido para estimar el VO_{2máx} y sensible para monitorizar los cambios producidos postentrenamiento.

Aplicabilidad del *course navette* de 20 metros en el ámbito escolar

El 20m-SRT ha sido muy bien aceptado por entrenadores, investigadores y profesores de educación física. En la actualidad es el test más aplicado en niños y adolescentes^{15,16}. La batería EUROFIT fue la primera en incluir el 20m-SRT para la evaluación del componente cardiorrespiratorio en el ámbito escolar⁵⁸. Posteriormente la batería FITNESSGRAM incorporó el 20m-SRT y cuenta hoy en día con 3 opciones para evaluar el mismo constructo: 20mSRT, milla corriendo y milla caminando⁵⁹. El test de la milla es otro de los test más utilizados por las distintas baterías de condición física en el mundo⁵⁸. Sin embargo, son varias las ventajas que presenta el 20m-SRT en comparación con el test de la milla: 1) El 20m-SRT requiere solo de un espacio de 20m; 2) el ritmo de carrera es indicado por una señal sonora, siendo de fácil y rápido aprendizaje en comparación con el test de la milla que requiere mayor práctica para que el sujeto conozca su paso de carrera; 3) el 20m-SRT no requiere de entrada en calor previa por ser un test incremental que comienza a bajas velocidades. 4) Probablemente

Tabla 4 VO_{2máx} en cinta y campo, en 2 poblaciones deportivas

Variables	Deportes de resistencia		Deportes de equipo	
	Lab	20m-SRT	Lab	20m-SRT
VE (l min ⁻¹)	132 ± 12	135 ± 12	136 ± 16	127 ± 18
VO _{2máx} (l min ⁻¹)	4,10 ± 0,2	4,45 ± 0,3	4,01 ± 0,5	4,10 ± 0,5
VO _{2máx} (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	66,5 ± 5,4	72,8 ± 7,2*	61,2 ± 6,5	62,4 ± 5,7
R	1,10 ± 0,6	1,08 ± 0,4	1,13 ± 0,8	1,10 ± 0,1
FC _{pico} (lat min)	191 ± 7	190 ± 8	188 ± 8	184 ± 10
La _{pico} (mmol l)	9,6 ± 2	10,9 ± 1	12,4 ± 2	11,5 ± 2

20m-SRT: test de ida y vuelta de 20 metros; FC_{pico}: frecuencia cardíaca pico; Lab: cinta de laboratorio; La_{pico}: lactato pico; R: cociente respiratorio; VE: ventilación pulmonar; VO_{2máx}: consumo máximo de oxígeno.

* p < 0,05 diferencia significativa con el laboratorio.

la motivación necesaria para alcanzar el máximo rendimiento en el 20m-SRT sea menor que la requerida en el test de la milla, que necesita de sujetos altamente motivados durante toda la prueba para alcanzar el mayor rendimiento. 5) Además el 20m-SRT presenta ventajas psicológicas en comparación con el test de la milla. Los sujetos con baja condición física terminan últimos en el test de la milla y esto posiblemente pueda causar una carga psicológica en esos niños. En contraste, los niños y adolescentes con baja condición física finalizan primero el 20m-SRT y aunque esto indica un pobre rendimiento en el test, cualquier connotación negativa para el alumno siempre va a ser menor al finalizar antes del test en comparación con finalizar último o después que la mayoría de sus compañeros³⁹.

En la actualidad el 20m-SRT también integra la batería ALPHA, la cual fue diseñada para evaluar la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes⁶⁰. Recientemente la batería ALPHA ha sido aplicada por primera vez en Argentina, donde 1.606 niños y adolescentes de 6 a 19 años fueron evaluados con el 20m-SRT⁶¹. Resulta interesante destacar que aquellos participantes que alcanzaron un rendimiento y capacidad aeróbica más elevados tuvieron mayores niveles de fuerza, velocidad, agilidad, menor índice de masa corporal, perímetro de cintura y su prevalencia de sobrepeso y obesidad fue de 2 a 3 veces menor con relación a los sujetos con bajo nivel de capacidad aeróbica⁴⁶. Estos resultados son importantes desde el punto de vista de la salud porque refuerzan la utilidad del 20m-SRT por estar relacionado con parámetros como la obesidad abdominal y general, así como con otras cualidades físicas. Además, algunos investigadores se han interesado en estudiar la capacidad diagnóstica del 20m-SRT para identificar a sujetos con factores de riesgo o problemas de salud cardiometabólicos^{62,63}. Esta es un área de investigación relativamente reciente que abre una puerta para futuros estudios en este campo².

Aplicabilidad del *course navette* de 20 metros en los deportes de equipo

En los deportes de conjunto como el rugby, fútbol, hockey, básquet, balonmano, también considerados deportes acíclicos o intermitentes, se recorren grandes distancias durante el partido. Si tomamos como ejemplo el rugby, los sujetos recorren en promedio 6,0 km por partido⁶⁴. Sin embargo, esta distancia la realizan alternando las velocidades: parado (0,0-1,8 km h⁻¹), caminando (1,8-6,2 km h⁻¹), trotando (6,2-12,9 km h⁻¹), corriendo a mediana intensidad (12,9-18,0 km h⁻¹), corriendo a alta intensidad (18,0-24,2 km h⁻¹), y máxima velocidad (>4,2 km h⁻¹)⁶⁴. A su vez dentro de estas carreras, se suman las acciones motrices específicas del deporte como el *tackle*, el *scrum*, el *maul*, el *ruck*, el *line*, entre otros. Por todo esto, el componente cardiorrespiratorio es monitoreado en estos deportes, debido a la alta prestación aeróbica. El test más utilizado por los entrenadores es el 20m-SRT debido a que el test contempla ciertas acciones motrices propias de estos deportes (frenar, cambiar de dirección, acelerar y desacelerar). Durante mucho tiempo esta fue una teoría sustentada por los entrenadores desde la práctica misma. Aziz et al. comprobaron esta teoría¹². Los autores tomaron a 16 sujetos: 8 deportistas

Hombres				Mujeres			
CN-20m	VAMp	CN-20m	VAMp	CN-20m	VAMp	CN-20m	VAMp
8,5	8,9	13,5	16,2	8,5	9,5	13,5	15,5
9	9,6	14	17,0	9	10,1	14	16,1
9,5	10,3	14,5	17,7	9,5	10,7	14,5	16,7
10	11,1	15	18,4	10	11,3	15	17,3
10,5	11,8	15,5	19,2	10,5	11,9	15,5	17,9
11	12,6	16	19,9	11	12,5	16	18,5
11,5	13,3	16,5	20,6	11,5	13,1	16,5	19,1
12	14,0	17	21,4	12	13,7	17	19,7
12,5	14,8	17,5	22,1	12,5	14,3	17,5	20,3
13	15,5	18	22,8	13	14,9	18	20,9

Figura 4 Tabla para estimar la VAM a partir de la VFA del 20m-SRT. Fuente: Extraído de García y Secchi¹³.

de equipo (6 *rugbiers* y 2 *hockeys*), y 8 deportistas de resistencia de larga duración (6 triatletas, 2 fondistas). Tanto en cinta como en campo se realizaron mediciones directas utilizando un analizador de gases portátil (Cosmed K4b²). En el laboratorio se utilizó un test incremental y en campo, el 20m-SRT. En la [tabla 4](#) se muestra un resumen del trabajo.

Los resultados demostraron que en deportistas de conjunto no había diferencias significativas entre el VO_{2máx} obtenido en campo con respecto al laboratorio, mientras que los deportistas de resistencia sí obtuvieron un VO_{2máx} menor en campo con respecto al laboratorio. Es claro que el protocolo influye para alcanzar el VO_{2máx} en deportes de resistencia y estos deben ser evaluados con un protocolo lineal exclusivamente. Sin embargo para medir el VO_{2máx} en deportistas de equipo el protocolo no influye en el resultado. Este es el principal motivo por el cual el 20m-SRT se encuentra fuertemente ligado a los deportes de equipo⁶⁵⁻⁶⁷.

El *course navette* de 20 metros y su relación con la velocidad aeróbica máxima y el entrenamiento aeróbico

En la actualidad una de las variables más utilizada en el entrenamiento aeróbico es la VAM. Esta variable ha sido estudiada ampliamente desde diferentes enfoques^{7,13,14,20,25,68-72}. Sin embargo, debido a las características del 20m-SRT, la VFA alcanzada subestima la VAM^{7,13,19,23,33}. Cazorla y Leger⁷¹ confeccionaron una tabla de corrección para estimar la VAM. Esta propuesta genera practicidad al entrenador, sin embargo es poco conocida debido a que no fue publicada en una revista científica. Por este motivo, se desconoce la muestra empleada, la diferencia entre sexos y la metodología que fue utilizada para confeccionarla. García y Secchi¹³ validaron una tabla de corrección para ajustar la VFA del 20m-SRT, tomando como propuesta la tabla de Cazorla y Leger⁷¹. En la [figura 4](#) se puede visualizar la tabla de corrección.

Los autores tomaron 77 sujetos de ambos sexos (46 hombres y 31 mujeres), siendo el trabajo con mayor cantidad de sujetos medidos, y el único que incluyó una población femenina. Fueron evaluados con 2 test: test VAM-EVAL y el 20m-SRT. Para una mejor comprensión de cómo fueron construidas ambas tablas se recomienda remitirse al trabajo original¹³. La tabla propuesta es de fácil aplicación.

Tomemos como ejemplo el valor de la velocidad de $13,5 \text{ km h}^{-1}$. En el caso de que esta velocidad haya sido alcanzada por un sujeto de sexo masculino, le corresponde una VAM predictiva de $16,2 \text{ km h}^{-1}$ (fig. 4). En el caso de que este valor haya sido obtenido por una mujer, le correspondería una VAM predictiva de $15,5 \text{ km h}^{-1}$ (fig. 4). Una vez corregida la velocidad, esta es utilizada para dosificar cargas de trabajo. Para los entrenadores, esta propuesta resulta ser muy práctica.

Test sucesores del *course navette* de 20 metros

Posteriormente a la publicación del CN-20m varios autores tomaron la iniciativa de confeccionar otros test audibles utilizando como referente al 20m-SRT. Ejemplo de ellos son: shuttle square test 20 metros⁴², test VAM-EVAL⁷¹, interval shuttle run test⁷³, la batería de los test YOYO⁷⁴⁻⁷⁶, el UNCa test^{77,78}, el 30-15 Intermitent fitness test⁷⁹, el shuttle square test 15 metros⁸⁰, el *navette*-tenis⁸¹, el 45-15 aerobic fitness test⁸², el skating multistage aerobic test (patín)⁸³, HMRAT_{10m}⁸⁴, entre otros.

Otros autores modificaron la primera etapa del test, iniciándolo a $8,0 \text{ km h}^{-1}$ ^{15,30,59}, o $4,0 \text{ km h}^{-1}$ ⁸⁵. Otros autores modificaron el nombre original de 20m-SRT; esto lo podemos apreciar en los siguientes test:

- PACER: progressive aerobic cardiovascular endurance run⁵⁹.
- YOYO: test de resistencia nivel 1 y nivel 2⁷⁴.

Se desconocen los motivos por los que se modificó el protocolo y nombre original.

Conclusión

Luego de la revisión efectuada podemos decir que a 30 años de su primera publicación, el *course navette* de 20 metros sigue siendo uno de los test más utilizados para estudiar el componente cardiorrespiratorio, en ambos sexos y en un amplio rango de edades. Esto se debe a: 1) las correlaciones obtenidas con el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ directo; 2) la estabilidad predictiva en sujetos con distintos niveles de condición física; 3) la buena fiabilidad test-retest; 4) la sensibilidad para monitorizar cambios postentrenamiento; 5) su relación con la salud y capacidad diagnóstica; 6) la posibilidad de dosificar cargas de trabajo corrigiendo la velocidad final alcanzada y 7) principalmente, la idea original de llevarlo a cabo bajo un recorrido de ida y vuelta en 20 m.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

A Luc Leger por el envío de sus manuscritos en francés e inglés.

A todos los autores que desinteresadamente colaboraron con en el envío de sus trabajos de investigación.

Bibliografía

1. Bassett DR, Howley ET. Maximal oxygen uptake: Classical versus contemporary viewpoints. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:591-603.
2. Secchi JD, García GC. Cardiorespiratory fitness and cardiometabolic risk in young adults. *Rev Esp Salud Pública.* 2013;87:35-48.
3. Astrand PO. Measurement of maximal aerobic capacity. *Can Med Assoc J.* 1967;96:732-5.
4. Blair SN, Kampert JB, Kohl HW, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS, et al. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA.* 1996;276:205-10.
5. Tomlin DL, Wenger HA. The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *J Sci Med Sport.* 2002;5:194-203.
6. Lee DC, Artero EG, Sui X, Blair SN. Mortality in the general population: The cardiorespiratory fitness. *J Psychopharmacol.* 2010;24 4 Suppl:27-35.
7. Secchi JD, García GC. Aptitud física en estudiantes de Educación Física, Medicina y Contador Público de la Universidad Adventista del Plata. G-SE Standar. [consultado 20 Mar 2012]. Disponible en: www.g-se.com/a/1395/
8. 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;30:156-62.
9. Hill AV, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the youth and utilization of oxygen. *Q J Med.* 1923;16:135-71.
10. Ruiz MP. Pruebas funcionales de valoración aeróbica. En: López-Chicharro J, Vaquero F, editores. *Fisiología del ejercicio.* Tercera edición Buenos Aires, Argentina: Editorial Panamericana; 2006. p. 409.
11. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol.* 1955;8:73-80.
12. Aziz AR, Chia MY. The KC. Measured maximal oxygen uptake in a multi-stage shuttle test and treadmill-run test in trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2005;45:306-14.
13. García GC, Secchi JD. Relationship between the final speeds reached in the 20 metre Course Navette and the VAM-EVAL test. A proposal to predict the maximal aerobic. *Apunts Med Esport.* 2013;48:27-34.
14. Berthoin S, Gerbeaux M, Turpin E. Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *J Sports Sci.* 1994;12:355-62.
15. Tomkinson GR, Léger LA, Olds TS, Cazorla G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): An analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med.* 2003;33:285-300.
16. Olds T, Léger LA, Olds TS, Cazorla G. Worldwide variation in the performance of children and adolescents: An analysis of 109 studies of the 20-m shuttle run test in 37 countries. *J Sports Sci.* 2006;24:1025-38.
17. Balke B. A simple field test for assesment of physical fitness. Oklahoma: Publications Civil Aeromedical Research Institute; 1963. N° 63-66.
18. Léger L, Boucher R. An indirect continuous running multistage field test: The University de Montreal Track Test. *Can J Sport Sci.* 1980;5:77-84.
19. 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:a243-8.
20. Berthoin S, Pelayo P, Linsel-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.

21. Leger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1982;49:1–12.
22. Leger L, Lambert J, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y. Capacité aérobie des Québécois de 6 a 17 ans –Test navette de 20 metres avec paliers de 1 minute. *Can J Appl Sport Sci*. 1984;9:64–9.
23. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6:93–101.
24. Léger L, Gadoury C. Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO₂max in adults. *Can J Sport Sci*. 1989;14:21–6.
25. 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.
26. Currell K, Jeukendrup AE. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med*. 2008;38:297–316.
27. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med*. 1998;26:217–38.
28. Van Mechelen H, Hlobil H, Kemper H. Validation of two running tests as estimates of maximal aerobic power in children. *Eur J Appl Physiol*. 1986;55:503–6.
29. Palicska VJ, Nichols AK, Boreham CA. 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.
30. Ramsbottom R, Brewer J, Williams C. A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med*. 1988;22:141–4.
31. Mahoney C. 20-MST and PWC170 validity in non-Caucasian children in the UK. *Br J Sports Med*. 1992;26:45–7.
32. Berthoin S, Gerbeaux M, Guerrin F, Lenseil-Cobeil G, Vandedorpe F. Estimation de la VMA. *Sci Sport*. 1992;7:85–91.
33. Ahmaidi S, Collomp K, Prefaut C. The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake the shuttle exercise test. *Eur J Appl Physiol*. 1992;65:475–9.
34. Liu NY, Plowman SA, Looney MA. The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Res Q Exerc Sport*. 1992;63:360–5.
35. Barnett A, Chan LYS, Bruce IC. A preliminary study of the 20-m multistage shuttle run as a predictor of peak VO₂ in Hong Kong Chinese students. *Pediatr Exerc Sci*. 1993;5:42–50.
36. Ahmaidi SB, Varray AL, Savy-Pacaux AM, Prefaut CG. Cardio-respiratory fitness evaluation by the shuttle test in asthmatic subjects during aerobic training. *Chest*. 1993;103:1135–41.
37. Falgairette G, Bedu M, Fellmann N, Spielvogel H, Van PE, Obert P, et al. Evaluation of physical fitness from field tests at high altitude in circumpubertal boys: Comparison with laboratory data. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994;69:36–43.
38. Grant S, Amjad AM, Wilson J, Aitchison T. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *Br J Sports Med*. 1995;29:147–52.
39. Mahar MT, Rowe DA, Parker CR, Mahar FJ, Dawson DM, Holt JE. Criterion-referenced and norm-referenced agreement between the mile run/walk and PACER. *Meas Phys Educat Exerc Sci*. 1997;1:245–58.
40. St Clair GA, Broomhead S, Lambert MI, Hawley JA. Prediction of maximal oxygen uptake from a 20-m shuttle run as measured directly in runners and squash players. *J Sports Sci*. 1998;16:331–5.
41. Stickland MK, Petersen SR, Bouffard M. Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can J Appl Physiol*. 2003;28:272–82.
42. Flouris AD, Koutedakis Y, Nevill A, Metsios GS, Tsiotra G, Parasiris Y. Enhancing specificity in youth-design for the assessment of bioenergetics. *J Sci Med Sport*. 2004;7:197–204.
43. Matsuzaka A, Takahashi Y, Yamazoe M, Kumakura N, Ikeda A, Wilk B, et al. Validity of the Multistage 20-M shuttle-run test for Japanese children, adolescents and adults. *Pediatr Exerc Sci*. 2004;16:113–25.
44. Metsios GS, Flouris AD, Koutedakis Y, Theodorakis Y. The effect of performance feedback on cardiorespiratory fitness field tests. *J Sci Med Sport*. 2006;9:263–6.
45. Metsios GS, Flouris AD, Koutedakis Y. Criterion related validity and test-retest reliability of the 20 m squared shuttle test. *J Sci Med Sport*. 2008;11:214–7.
46. Ruiz JR, Ramirez-Lechuga J, Ortega FB, Castro-Pinero J, Benitez JM, Arauzo-Azofra A, et al. Artificial neural network-based equation for estimating VO₂max from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med*. 2008;44:233–45.
47. Penry JT, Wilcox AR, Yun J. Validity and reliability analysis of Cooper's 12-minute run and the multistage shuttle run in healthy adults. *J Strength Cond Res*. 2011;25:597–605.
48. Lamb KL, Rogers L. A re-appraisal of the reliability of the 20 m multi-stage shuttle run test. *Eur J Appl Physiol*. 2007;100:287–92.
49. Chatterjee P, Banerjee AK, Das P, Debnath PA. Regression equation for the estimation of VO₂max in nepalese male adults. *J Hum Sport Exerc*. 2010;2:127–33.
50. Chatterjee P, Banerjee AK, Das P, Debnath PA. Regression equation for the estimation of maximum oxygen uptake in nepalese adult females. *Asian J Sports Med*. 2010;1:41–5.
51. Mahar MT, Guerieri AM, Hanna MS, Kemble CD. Estimation of aerobic fitness from 20-m multistage shuttle run test performance. *Am J Prev Med*. 2011;41 4 Suppl 2:S117–23.
52. Artero EG, España-Romero V, Castro-Piñero J, Ortega FB, Suni J, Castillo-Garzon MJ, et al. Reliability of field-based fitness tests in youth. *Int J Sports Med*. 2011;32:159–69.
53. Espana-Romero V, Artero EG, Jimenez-Pavon D, Cuenca-Garcia M, Ortega FB, Castro-Pinero J, et al. Assessing health-related fitness tests in the school setting: Reliability, feasibility and safety; the ALPHA Study. *Int J Sports Med*. 2010;31:490–7.
54. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Bergman P, Hagstromer M, et al. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32 Suppl 5:S49–57.
55. Rikli RE, Petray C, Baumgartner TA. The reliability of distance run tests for children in grades K-4. *Res Q Exerc Sport*. 1992;63:270–6.
56. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307–10.
57. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:3–13.
58. Castro-Pinero J, Artero EG, Espana-Romero V, Ortega FB, Sjostrom M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2010;44:934–43.
59. Cureton KJ, Plowman SA. Aerobic capacity assessments. En: Welk GJ, Meredith MD, editores. *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide*. Dallas, TX: The Cooper Institute; 2008. p. 1–29.
60. Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, et al. Field-based fitness assessment in young people: The ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports Med*. 2011;45:518–24.
61. Secchi JD, García GC, España-Romero V, Castro-Piñero J. Condición física y riesgo cardiovascular futuro en niños y adolescentes argentinos: Una introducción de la batería ALPHA. *Arch Argent Pediatr*. 2014;112:132–40.
62. Moreira C, Santos R, Ruiz JR, Vale S, et al. Comparison of different VO₂max equations in the ability to discriminate the

- metabolic risk in Portuguese adolescents. *J Sci Med Sport*. 2011;14:79–84.
63. Silva G, Aires L, Mota J, Oliveira J, et al. Normative and criterion-related standards for shuttle run performance in youth. *Pediatr Exerc Sci*. 2012;24:157–69.
64. Roberts SP, Trewartha G, Higgitt RJ, El-Abd J, Stokes KA. The physical demands of elite English rugby union. *J Sports Sci*. 2008;26.8:825–33.
65. 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 del General San Martín: Buenos Aires, Argentina; 2009.
66. Castagna C, Manzi V, Impellizzeri F, Weston M, Barbero Alvarez JC. Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24:3227–33.
67. Búa BN, Rodríguez AV, García GC. Perfil funcional y morfológico en jugadores de fútbol amateur de Mendoza, Argentina. *Apunts Med Esport*. 2013;48:89–96.
68. Dupont G, Blondel N, Lensele G, Berthoin S. Critical velocity and time spent at a high level of VO₂ for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Can J Appl Physiol*. 2002;27:103–15.
69. Esfarjani F, Laursen P. Manipulating high-intensity training: Effects on VO₂ max, the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport*. 2007;10:27–35.
70. Millet GP, Candau R, Fattori P, Bignet F, Varray A. VO₂ responses to different intermittent runs at velocity associated with VO₂max. *Can J Appl Physiol*. 2003;28:410–23.
71. 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.
72. Cazorla G. Tests de terrain pour évaluer la capacité aérobie et la youthye maximale aérobie. En: Cazorla G, Robert G. *L'évaluation en activite' physique et en sport*. Cestas: Editorial A.R.E.A.P.S.; 1990. pp. 151-174.
73. Lemmink KA, Visscher C, Lambert MI, Lamberts RP. The interval shuttle run test for intermittent sport players: Evaluation of reliability. *J Strength Cond Res*. 2004;18.4:821–7.
74. Bangsbo J. *The Yo-Yo tests*. Copenhagen, Dinamarca: August Krogh Institute; 1996.
75. Krusturup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J. The Yo-Yo IR2 test: Physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:1666–73.
76. Bangsbo J, Iaia FM, Krusturup P. The Yo-Yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*. 2008;38:37–51.
77. García GC, Antonio J. Relación entre la velocidad aeróbica máxima de laboratorio y la de campo. [Tesis de grado]. Licenciatura en Educación Física. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Catamarca: Catamarca, Argentina; 2008.
78. 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). *J Sport Med Phys Fitness*. 2014;54:1–8 (in press).
79. Buchheit M. The 30-15 intermittent fitness test: Accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J Strength Cond Res*. 2008;22.2:365–74.
80. Flouris AD, Metsios GS, Famisis KG, Koutedakis NY. Prediction of VO₂max from a new field test based on portable indirect calorimetry. *J Sci Med Sport*. 2010;13.1:70–3.
81. Fargeas-Gluck MA, Léger LA. Comparison of two aerobic field tests in young tennis players. *J Strength Cond Res*. 2012;26:3036–42.
82. Castagna C, Iellamo F, Impellizzeri FM, Manzi V. Validity and reliability of the 45-15 test for aerobic fitness in young soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013 (in press).
83. Leone M, Léger LA, Larivière G, Comtois AS. The skating multistage aerobic test. *Int J Sports Med*. 2007;28:823–8.
84. Piliánidis T, Marigli H, Douda H, Mantzouranis N, Smilios I, Tokmakidis S. Reliability and validity of a modified field test for the evaluation of aerobic performance. *Kinesiology*. 2007;39:117.
85. Quinart S, Mougin F, Simon-Rigaud ML, Nicolet-Guénat M, Nègre V, Regnard J. Evaluation of cardiorespiratory fitness using three field tests in obese adolescents: Validity, sensitivity and prediction of peak VO₂. *J Sci Med Sport*. 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2013.07.010>, pii: S1440-2440(13)00156-4.