

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



REVISIÓ

Test *course navette* de 20 metres amb etapes d'un minut. Una idea original que fa 30 anys que dura

Gastón César García^{a,*} i 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

Rebut el 15 de gener de 2014; acceptat el 16 de juny de 2014

PARAULES CLAU

20 m shuttle run test;
Course navette;
VO_{2max};
Test de camp;
Component cardiorespiratori

KEYWORDS

20 m shuttle run test;
Course navette;
VO_{2max};
Field test;
Cardiorespiratory component

Resum Als 30 anys de la seva publicació, el test *course navette* de 20 m amb etapes d'un minut (20m-SRT) continua sent el test més utilitzat mundialment, tant en les àrees de salut, com en l'escolar i esportiva. Això és degut a la funcionalitat del mesurament, la validesa en un rang ampli d'edats i poblacions, la fiabilitat i la sensibilitat. Tanmateix, el motiu principal de la seva aplicabilitat és degut a la idea general de córrer en un espai reduït de 20 m, sense que calgui utilitzar una pista d'atletisme. Aquest article té com a objectiu revisar els treballs d'investigació més rellevants del test de resistència cardiorespiratòria (20m-SRT) publicats al llarg dels darrers 30 anys i la seva aplicabilitat en el camp.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

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. All rights reserved.

*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: garciagaston@yahoo.com.ar (G.C. García)

Introducció

El component cardiorespiratori ha estat a bastament estudiant degut a la seva relació amb la salut, el rendiment esportiu i la condició física, independentment de l'edat i el sexe¹⁻⁸. Hill et al. van ser precursors de la recerca cardiorespiratòria, i aportaren el concepte de consum màxim d'oxigen (VO_{2max})⁹. Hill definí el VO_{2max} com la taxa més alta a la qual l'organisme és capaç de consumir oxigen durant l'exercici intens⁹. Altres autors han definit el VO_{2max} com la quantitat màxima d'oxigen que l'organisme és capaç d'absorbir, transportar i consumir per unitat de temps¹⁰. El VO_{2max} que s'assoleix en un test progressiu i màxim es considera «l'eina d'or» (*gold method*) per avaluar el sistema cardiorespiratori^{10,11}. Actualment el VO_{2max} pot ser mesurat tant en el laboratori com en el camp, degut a l'existència d'analitzadors de gasos portàtils. Hi ha estudis que indiquen que els valors de VO_{2max} mesurats a la cinta no varien significativament en relació als obtinguts de forma directa en el camp¹². De tota manera, no tots els clubs o centres esportius disposen d'aquesta tecnologia, perquè esdevé costosa en equipament, requereix personal capacitat i consumeix molt de temps¹³. Els professionals relacionats amb les ciències de l'esport, professors d'educació física i entrenadors esportius, entre altres, opten per utilitzar un test de camp predictiu del VO_{2max} degut a la facilitat d'aplicació, al baix cost i perquè permet mesurar diversos subjectes alhora^{13,14}. Entre els tests de camp predictius, el més utilitzat mundialment és el *course navette* de 20 m (20m-SRT)^{15,16}, també conegut com a *20 m shuttle run test* o test d'anada i tornada de 20 m.

Aquest estudi té l'objectiu de fer una revisió sobre la construcció, la validesa, la fiabilitat, la sensibilitat i l'aplicabilitat del test d'anada i tornada de 20 m.

Mètode

Les bases de dades en línia utilitzades per fer la recerca en l'àmbit de les àrees de salut i educació física foren: PubMed, Scopus, Scielo i Sportdiscus. Les paraules clau utilitzades foren: a) en anglès: *shuttle run*, *MSFT*, *20mST*, *20mSRT*, *beep test*, *multi stage fitness test*; b) en castellà: *test de ida y vuelta en 20 metros*, c) en francès: *course navette*, *test navette de 20 metres*.

Per acotar la cerca dels treballs s'establiren 2 límits. En primer lloc un límit temporal, per restringir la cerca entre gener de 2000 i gener de 2013. En segon lloc es tingué en compte la revisió bibliogràfica feta per Tomkinson et al. (revisió 1980-2000)¹⁵.

Per seleccionar els articles es tingueren en compte com a criteris d'*inclusió*: a) que el rendiment del test estigués expressat en VO_{2max} , velocitat, nombre d'etapes, o nombre de passades de 20 m; i d'*exclusió*: a) estudis científics publicats en forma de resum o comunicació breu, b) redactats en llengües diferents de l'anglès, castellà o francès, c) sense descriure el protocol del test ni la mostra de l'estudi.

Discussió

Amb els resultats de la cerca, s'organitzà la discussió per seccions de la manera següent:

- 1) La idea original dels 20 m; construcció, protocol i avaluació.
- 2) Validesa, fiabilitat i sensibilitat.
- 3) Aplicabilitat del *course navette* de 20 m en l'àmbit escolar.
- 4) Aplicabilitat del *course navette* de 20 m en els esports d'equip.
- 5) *Course navette* de 20 m i la seva relació amb la velocitat aeròbica màxima.
- 6) Tests successors del *course navette* de 20 m.

La idea original dels 20 metres

Construcció de l'instrument

Segons la bibliografia, el primer autor en construir un test de camp indirecte amb l'objectiu de valorar el VO_{2max} fou Bruno Balke. A la dècada dels anys cinquanta realitzà assaigs a la cinta, utilitzant diferents temps, en un rang d'1 a 30 min. Aquests assaigs originaren el test de camp de 15 min¹⁷, que es caracteritza perquè és un test continu constant i màxim fins a la fatiga (CCM). Posteriorment a la proposta de Balke (test 15 min), es desenvoluparen altres tests amb la mateixa finalitat en 2 modalitats: tests continus constants màxims (CCM) i tests incrementals continus màxims (ICM)⁸.

Els tests ICM tenen la característica d'emetre un senyal sonor per ajustar la velocitat de carrera. A més, les etapes són creixents i simulen els protocols utilitzats en el laboratori. El primer test ICM fou desenvolupat per Léger i Bouchard¹⁸ a la dècada dels anys vuitanta i fou denominat *Université Montréal Track Test* (UMTT)¹⁸. A més, fou el primer test de camp que inclogué dones en la mostra. A la bibliografia, l'UMTT és recomanat com un dels millors tests predictius del VO_{2max} en camp, perquè ofereix un error estàndard d'estimació baix (EEE: 2,8 ml kg⁻¹ min⁻¹) i una correlació alta amb el VO_{2max} mesurat^{14,18-20}. Tanmateix, tant l'UMTT com els altres tests ja publicats (test 15 min i test 12 min) generaven la necessitat d'emprar una pista d'atletisme. En molts casos els centres esportius o els establiments escolars no disposen d'aquests tipus d'instal·lacions (pista). Per aquest motiu sorgeix la necessitat de confeccionar un test de camp en un espai reduït. Léger i Lamber construïren un test amb aquestes característiques, aplicable a un espai de 20 m, tenint com a referència l'UMTT²¹. Aquesta idea original es denominà en francès *test course navette de 20 metres avec paliers de 1 minute*, més conegut pel nom anglès *20m shuttle run test* (20m-SRT) o per la traducció en castellà de *test de ida y vuelta en 20 metros*²¹⁻²³. Aquesta proposta solucionà el problema d'espai i, a més, oferí la possibilitat de controlar les variables climàtiques sota sostre (fred, calor, neu, vent, pluja, entre altres). La primera versió del 20m-SRT, validada per a subjectes adults, fou publicada el 1982²¹. La velocitat inicial fou de 7,5 km h⁻¹ i s'incrementava 0,6 km h⁻¹ cada 2 min. El 1984 es publicà una segona versió per a nens, amb un protocol similar; la velocitat inicial fou de 8,5 km h⁻¹ i la velocitat s'incrementava

0,5 km h⁻¹ cada minut (segons dades recollides el 1981)²². Aquest segon treball marcà una fita històrica: la mostra estigué composta per 7.024 nens d'edats compreses entre els 6 i els 18 anys, d'ambdós sexes (n = 3.669 homes i n = 3.355 dones, pertanyents a la província de Quebec, Canadà). Tot i que existien els 2 protocols, la validació definitiva fou publicada el 1988, unificant un únic protocol per a nens i adults²³. El protocol publicat és el que s'utilitza actualment: la velocitat inicial és de 8,5 km h⁻¹ i s'incrementa 0,5 km h⁻¹ cada minut.

Amb l'evidència que s'ha exposat podem dir que el 20m-SRT és el primer test construït amb un recorregut no lineal (anada i tornada), audible, aplicable a nens d'ambdós sexes a partir dels 6 anys fins a l'edat adulta (tot i que es recomana utilitzar-lo a partir dels 8 anys d'edat).

Finalment, és habitual que els autors anomenin de forma diferent el 20m-SRT. Aquest fet és degut a què en cada recerca publicada de validació per l'equip de treball de Léger utilitzaren diferents noms per referir-se a un mateix test:

- Nom utilitzat el 1982: *20-m shuttle run test*²¹.
- Nom utilitzat el 1984: *test navette de 20 metres avec paliers de 1 minute*²².
- Nom utilitzat en 1988: *multistage 20-m shuttle run test*²³.
- Nom utilitzat el 1989: *20m shuttle run test with 1 min stages*²⁴.

Malgrat aquesta diversitat lèxica, és clar que sempre es fa referència al mateix test, les paraules «20 metres» i «shuttle o navette» sempre apareixen (tenen el mateix significat en diferents idiomes).

Protocol i metodologia d'avaluació

El protocol del 20m-SRT té les característiques següents: és un test audible, incremental, continu (sense pauses), màxim fins a la fatiga, d'acceleració i desacceleració (anar i tornar). Consisteix en córrer el màxim temps possible entre 2 línies separades per 20 m en doble sentit, anada i tornada (fig. 1).

El ritme de carrera l'imposa un senyal sonor. El reproductor d'àudio ha d'estar col·locat en un costat de l'espai per facilitar el so. Les primeres etapes són de velocitat baixa i tenen per objectiu la familiarització amb el test, i, al seu torn, fer un escalfament específic. El subjecte ha de trepitjar darrera la línia de 20 m en el moment precís que s'emet el senyal sonor o «beep». El test acaba quan el subjecte s'atura perquè arriba a l'esgotament o quan 2 vegades consecutives no arriba a trepitjar darrera la línia quan sent el «beep». Els participants poden ser animats verbalment per fer l'esforç màxim. La relació avaluador-subjectes ha de ser com a màxim d'1:10. La velocitat obtinguda a l'última etapa completa és considerada com la velocitat final assolida (VFA). La velocitat inicial és de 8,5 km h⁻¹ i s'incrementa 0,5 km h⁻¹ cada minut. A la figura 2 es pot veure el protocol del 20m-SRT desglossat cada 20 m que, alhora, és el formulari utilitzat per a recollir les dades.

Té 20 etapes en total, i la quantitat de repeticions de 20 m s'incrementa de forma anàloga a la velocitat. Això és

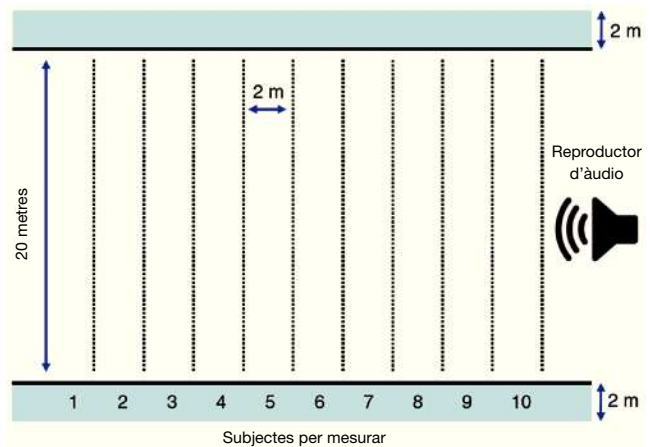


Figura 1 Representació gràfica del terreny que s'utilitza en el 20m-SRT.

degut a què, en augmentar la velocitat, els subjectes recorren més ràpidament els 20 m. Per aquest motiu la primera etapa té 7 repeticions de 20 m i l'última en té 15. La velocitat assolida a l'última etapa completa es denomina VFA. Cal aclarir que hi ha alguns autors que consideren sinònims la VFA i la velocitat aeròbica màxima (VAM). La VAM és la velocitat mínima amb la qual s'assoleix el VO_{2max}²⁵. Per no crear confusió diferenciarem ambdues variables. Parlarem de VAM només quan s'empra el mesurament directe amb un analitzador de gasos i de VFA quan s'utilitza la velocitat de l'última etapa completa sense analitzador de gasos¹³. La VFA és utilitzada per valorar el VO_{2max}. Hi ha dues fórmules que depenen de l'edat dels subjectes. Per a adults de 18 anys o més cal utilitzar la fórmula següent proposada per Léger et al. (1988)²³:

$$VO_{2max} = (6 \times FA) - 27,4$$

Per als nens de 6 a 17,9 anys cal utilitzar la fórmula següent proposada per Léger et al. (1988)²³:

$$VO_{2max} = 31,025 + (3,238 \times VFA) - (3,248 \times E) + (0,1536 \times VFA \times E)$$

E: edat en anys; VFA: velocitat en km h⁻¹.

Cal aclarir que tot i que les 2 fórmules són les més utilitzades, altres autors n'han desenvolupat unes altres.

Tot test indirecte té un error estàndard de mesurament, però aquest error augmenta si l'avaluador no contempla la forma correcta de localitzar la VFA. Per aquest motiu exemplifiquem 3 situacions molt freqüents en el mesurament del test (fig. 3).

En el formulari de mesurament hi ha representats 3 subjectes, amb els corresponents números aràbics (1, 2 i 3). El subjecte 1 finalitzà l'etapa 4 i abandonà el test. La VFA que li correspon és de 10,0 km h⁻¹.

El subjecte 2 s'aturà a l'etapa 8 i no pogué completar-la. Per aquest motiu la VFA és d'11,5 km h⁻¹.

El subjecte 3 passà per la mateixa situació, tanmateix li faltaren només 20 m per poder completar l'etapa. Aquesta situació sol esdevenir-se amb molta freqüència. Per aquest

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 Protocol del 20m-SRT, desglossat en un formulari de mesurament.

motiu, l'entrenador utilitza l'última etapa completa (en aquest cas 13,5 km h⁻¹) per valorar el VO_{2max}, però l'etapa incompleta pot ser tinguda en compte per planificar càrregues d'entrenament, sempre que s'hagi recorregut com a mínim la meitat de l'etapa. En aquest cas l'etapa incompleta és de 14,0 km h⁻¹. Aquest segon criteri és d'ús estricte de l'entrenador, i no fou proposat per Léger en el treball original del 20m-SRT. A la part superior de la figura 3 s'exposen els resultats obtinguts pels 3 subjectes.

Validesa, fiabilitat, sensibilitat del *course navette* de 20 metres

La validesa, la fiabilitat i la sensibilitat són 3 característiques fonamentals que cal que compleixi un test de camp²⁶. El terme validesa es refereix al grau en què un instrument realment mesura o estima la variable per a la qual fou dissenyat²⁷. Hi ha diversos tipus de validesa, però aquest estudi se centra en analitzar la validesa predictiva del 20m-SRT. Consisteix en comparar i correlacionar el rendiment assolit en el camp amb un test patró (*gold method*). A la taula 1 es mostren els treballs de recerca de Léger i els estudis posteriors que relacionaren el rendiment del 20m-SRT amb el VO_{2max} mesurat en el laboratori. Tal com es pot veure, la validesa predictiva del 20m-SRT és acceptable, i es troben correlacions entre 0,50-0,90 en un ampli espectre d'edats (8-47 anys).

A partir de la proposta del 20m-SRT, diversos investigadors s'inclinaren per utilitzar el test²⁸⁻⁵¹. A la taula 1 es

mostren el treballs de recerca de Léger i els treballs que relacionaren el rendiment en camp amb la proposta de 1988 (0,5 km h⁻¹ cada minut) amb els mesuraments directes de laboratori. Les correlacions obtingudes pels diferents investigadors han estat similars a les de Léger i el seu grup de treball. Segons la nostra revisió, el 20m-SRT és l'únic test que ha estat validat per estimar el VO_{2max} en l'alçada. Falgairrete et al. realitzaren estudis a Bolívia³⁷. Dugueren a terme mesuraments directes en el laboratori (VO_{2max}) i mesuraments indirectes en camp (*course navette* de 20 m) a 2 altituds: a 300 m sobre el nivell del mar (msnm) i a 3.700 msnm. La mostra estava composta per nens bolivians prepúbbers i púbbers (classificats amb el mètode de Tanner-Whitehouse). Les correlacions obtingudes entre el 20m-SRT i el VO_{2max} directe foren d'*r* = 0,93 (a 300 msnm) i *r* = 0,84 (a 3.700 msnm). Els nens utilitzats en les avaluacions fetes a 3.700 msnm feia 3 anys com a mínim que vivien en aquesta altitud.

Quant a la capacitat predictiva del 20m-SRT, cal tenir present que l'equació de Léger tendeix a subestimar el VO_{2max} mesurant en el laboratori. Tanmateix, el 20m-SRT mostrà que era més estable en les prediccions del VO_{2max} en subjectes amb diferents nivells de condició física quan fou comparat amb el test de 12 min³⁷.

La fiabilitat fa referència al grau d'acord, consistència o estabilitat dels mesuraments quan un instrument és aplicat pels mateixos avaluadors diverses vegades als mateixos subjectes i en condicions similars. En la literatura trobem

Taula 1 Treballs de recerca utilitzats per validar el 20m-SRT en diferents edats i poblacions

Autor/any	n =	Edat	Sexe	Població	VO _{2max} laboratori	VO _{2max} estimat	r
<i>Treballs de recerca de Léger et al.</i>							
Léger et al., 1982 ²¹	59; 32	24,8 ± 5,5; 27,3 ± 9,2	H; D	Lleure	51,6 ± 7,8; 39,3 ± 8,3	-	0,84
Léger et al., 1988 ²³	188	8 a 19	Ambdós	Lleure	-	-	0,71
Léger et al., 1988 ²³	38; 39	35 ^a ; +35 ^b	Ambdós	Lleure	-	-	0,90
Léger et al., 1989 ²⁴	77	31,0 ± 8,1; 31,0 ± 6,9	H; D	Lleure	49,4 ± 10,1	48,8 ± 9,3	0,90
<i>Treballs posteriors a la validació del 20m-SRT</i>							
Van Mechelen et al., 1986 ²⁸	41	12 a 14	H	Alumnes	53,2 ± 5	-	0,68
Van Mechelen et al., 1986 ²⁸	41	12 a 14	D	Alumnes	44,1 ± 4	-	0,69
Palizcka et al., 1987 ²⁹	9	35,4 ± 5	H	Entrenats	59,0 ± 9	-	0,93
Ramsbottom et al., 1989 ³⁰	38	19 a 36	D	Entrenats	47,4 ± 6	-	0,89
Ramsbottom et al., 1989 ³⁰	36	19 a 36	H	Entrenats	58,5 ± 7	-	0,82
Mahoney C. 1992 ³¹	53	12	H	Alumnes	43,8 ± 4	47,4 ± 17	0,83
Mahoney C. 1992 ³¹	50	12	D	Alumnes	38,5 ± 4	31,3 ± 12	0,76
Berthoin et al., 1992 ³²	17	22,6 ± 5	H	Ed. Fca	56,8 ± 7	51,1 ± 5	0,86
Ahmaidi S. 1992 ³³	11	23,1 ± 1	H	Ed. Fca	53,7 ± 1	-	0,83
Barnet et al., 1993 ³⁵	55	12 a 17	Ambdós	Alumnes	49,5 ± 6,8	-	0,82
Grant et al., 1995 ³⁸	22	22,1 ± 2	H	Lleure	60,1 ± 8	56,6 ± 2	0,86
St Clair Gibson et al., 1998 ⁴⁰	10	22 ± 2	H	Esquaix	63,4 ± 4	60,4 ± 1	0,61
St Clair Gibson et al., 1998 ⁴⁰	10	22 ± 3	H	Corredors	69,6 ± 6	62,2 ± 4	0,71
Stickland et al., 2003 ⁴¹	60	25,3 ± 5	H	Lleure	54,9 ± 8	50,7 ± 9	0,87
Stickland et al., 2003 ⁴¹	62	25,1 ± 5	D	Lleure	47,4 ± 6	45,1 ± 6	0,81
Flouris et al., 2004 ⁴²	40	21,6 ± 1	H	Lleure	47,2 ± 6	55,3 ± 4	0,50
Matsuzaka et al., 2004 ⁴³	155	18 a 23	Ambdós	Lleure	49,5 ± 5,4	-	0,94
Matsuzaka et al., 2004 ⁴³	132	8 a 18	Ambdós	Alumnes	50,3 ± 5,6	-	0,89
Aziz et al., 2005 ¹²	20	17,7 ± 0	H	Futbolistes	57,8 ± 4	59,1 ± 4	0,86
Mahar et al., 2006 ³⁹	135	12 a 14	Ambdós	Escolars	44,4 ± 8,4	-	0,66
Metsios et al., 2006 ⁴⁴	40	21,5 ± 2	H	Lleure	47,6 ± 5	51,2 ± 4	0,67
Metsios et al., 2008 ⁴⁵	74	21,6 ± 2	H	Lleure	48,1 ± 2	52,3 ± 2	0,63
Ruiz et al., 2008 ⁴⁶	193	16,1 ± 1	H; D	Alumnes	53,9 ± 6; 37,1 ± 5	47,0 ± 5; 36,3 ± 2	0,90
Chaterjee et al., 2010 ⁵⁰	40	22,04 ± 1,1	D	Estudiants	32,8 ± 2,9	32,5 ± 3,3	0,94
Mahar et al., 2011 ⁵¹	244	10 a 16	Ambdós	Alumnes	44,5 ± 9,3	44,5 ± 6,9	0,73

Alumnes: alumnes escolars; D: dones; Ed. Fca: estudiants de la carrera d'Educació Física; H: homes; Lleure: subjectes que practiquen activitat física de forma regular i esportistes de lleure; r: coeficient de correlació de Pearson entre el VO_{2max} mesurat i el 20m-SRT.

^a Subjectes menors de 35 anys d'edat.

^b Subjectes majors de 35 anys d'edat.

Subjecte	VFA (km h ⁻¹)	Distància assolida (m)	VO _{2max} estimat (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	Temps emprat (min)
1	10,0	620	32,6	4
2	12,0	1180	44,6	8
3	13,5	2020	53,6	11

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	180	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	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180	1200	1220						
8	12	1200	1220	1240	1260	1280	2	1320	1340	1360	1380					
9	12,5	1460	1480	1500	1520	1540	1560	1580	1600	1620	1640					
10	13	1800	1820	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2000				
11	13,5	1920	1940	1960	1980	2000	2020	2040	2060	2080	2100	2120				
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 Exemple de 3 casos: utilitzant un formulari de mesurament del 20m-SRT i informe de resultats.

que el terme fiabilitat s’usa com a intercanviable de repetible, reproduïble, consistència, concordança, acord i estabilitat²⁷. El disseny test i retest és el més utilitzat per analitzar la fiabilitat del 20m-SRT. Diversos estudis de gran qualitat han demostrat la fiabilitat del 20m-SRT en nens i adolescents⁵². Això no obstant, en tots els casos els investigadors han analitzat la fiabilitat del 20m-SRT en un rang d’edats, per exemple, nens de 6 a 11 anys⁵³, adolescents de 12 a 18 anys⁵⁴ o adults de 20 a 45 anys²³. Segons la revisió feta, no hi ha treballs d’investigació que hagin verificat la fiabilitat del 20m-SRT edat per edat. Aquest fet és important, perquè un test de camp podria ser fiable en determinades edats i en altres no⁵⁵. La taula 2 mostra alguns estudis de fiabilitat del 20m-SRT realitzats en nens, adolescents i adults, en què es pot veure que les correlacions entre test i retest oscil·laren entre 0,73 i 0,97.

Lamb et al.⁴⁸ realitzaren 3 mesuraments amb el 20m-SRT; test (1), retest (2) i novament retest de retest (3). Les correlacions obtingudes foren: entre test 1 i 2, $r = 0,96$; entre test 2 i 3, $r = 0,95$, i entre test 1 i 3, $r = 0,94$.

Es van emprar diversos mètodes estadístics per estudiar la fiabilitat del 20m-SRT, i el més utilitzat fou el coeficient de correlació de Pearson. Tanmateix, les limitacions

d’aquesta eina estadística per avaluar acord, consistència o estabilitat foren clarament exposades per Bland i Altman⁵⁶. Tot i que actualment no hi ha consens sobre els criteris de qualitat que han de complir els estudis de fiabilitat⁵², alguns autors han proposat que calen diverses eines estadístiques per estudiar els diferents aspectes de la fiabilitat^{26,27,57}, entre les quals cal esmentar la prova ANOVA de mesures repetides per verificar la diferència de

Taula 2 Fiabilitat (test-retest) del *course navette* de 20 metres

Autor/any	n	Sexe	Edat (anys)	r
Léger et al., 1988 ²³	139	Ambdós	6-16	0,89
Léger et al., 1988 ²³	81	Ambdós	20-45	0,95
Mahoney C. 1992 ³¹	12	H	12	0,73
Mahoney C. 1992 ³¹	8	D	12	0,88
Liu et al., 1992 ³⁴	12	H	12-15	0,91
Liu et al., 1992 ³⁴	8	D	12-15	0,87
Aziz et al., 2005 ¹²	12	H	27,2 ± 3,7	0,97

D: dones; H: homes; r: coeficient de correlació de Pearson.

Taula 3 Sensibilitat del 20m-SRT per verificar canvis postentrenament

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

FC_{max}: freqüència cardíaca màxima; VO_{2max}: consum màxim d'oxigen.

* p < 0,05 diferència significativa amb preentrenament.

Font: Resum del treball d'Ahmaidi et al.³⁶.

mitjanes entre test i retest o la seva prova no paramètrica equivalent, el coeficient de correlació intraclasse, el mètode gràfic de Bland i Altman, el coeficient de fiabilitat i l'error tècnic de mesura.

D'altra banda, a l'hora d'utilitzar un test indirecte de camp no sols és important observar la relació que hi ha amb el VO_{2max} directe, sinó també verificar si el test és sensible per monitorar canvis postentrenament. Ahmaidi et al., el 1993³⁶, avaluaren 20 nens, que foren dividits en 2 grups: n = 10 (grup control) i n = 10 (grup experimental). El grup experimental entrenà durant 3 mesos, 3 vegades per setmana, mentre que el grup control no realitzà cap tipus d'entrenament. Ambdós grups foren avaluats abans i després dels 3 mesos amb un test de laboratori i un altre de camp. En el laboratori es van fer mesuraments directes del VO_{2max} i es compararen amb el valors indirectes del VO_{2max} a través del 20m-SRT. Els resultats obtinguts es mostren a la taula 3.

No s'observaren canvis en el grup control, mentre que el grup experimental obtingué millora del VO_{2max} postentrenament. Aquesta millora fou visible tant en el mètode directe (laboratori), com en l'indirecte (camp). No s'observaren diferències entre el laboratori i el camp en cap dels grups.

Això demostra que el *course navette* de 20 m és un test vàlid per valorar el VO_{2max} i sensible per monitorar els canvis produïts postentrenament.

Aplicabilitat del *course navette* de 20 metres en l'àmbit escolar

El 20m-SRT ha estat molt ben acceptat per entrenadors, investigadors i professors d'educació física. Actualment és el test més aplicat a nens i adolescents^{15,16}. La bateria EUROFIT fou la primera en incloure el 20m-SRT per avaluar el component cardiorespiratori en l'àmbit escolar⁵⁸. Posteriorment, la bateria FITNESSGRAM incorporà el 20m-SRT i actualment té 3 opcions per avaluar el mateix constructe: 20mSRT, milla corrent i milla caminant⁵⁹. El test de la milla és un altre dels tests més utilitzats per les diferents bateries de condició física del món⁵⁸. Tanmateix, són diversos els avantatges del 20m-SRT en comparació amb el test de la milla: 1) el 20m-SRT requereix només un espai de 20 m; 2) el ritme de carrera és indicat per un senyal sonor, cosa que el fa fàcil i d'aprenentatge ràpid en comparació amb el test de la milla, que requereix major pràctica del subjecte per saber el seu pas de carrera; 3) el 20m-SRT no

Taula 4 VO_{2max} en cinta i camp, en 2 poblacions esportives

Variables	Esports de resistència		Esports d'equip	
	Lab	20m-SRT	Lab	20m-SRT
VE (l min ⁻¹)	132 ± 12	135 ± 12	136 ± 16	127 ± 18
VO ₂ (l min ⁻¹)	4,10 ± 0,2	4,45 ± 0,3	4,01 ± 0,5	4,10 ± 0,5
VO _{2max} (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 _{pic} (bat min)	191 ± 7	190 ± 8	188 ± 8	184 ± 10
La _{pic} (mmol l)	9,6 ± 2	10,9 ± 1	12,4 ± 2	11,5 ± 2

20m-SRT: test d'anada i tornada de 20 metres; FC_{pic}: freqüència cardíaca pic; Lab: cinta de laboratori; Lactic: lactat_{pic}; R: quocient respiratori; VE: ventilació pulmonar; VO_{2max}: consum màxim d'oxigen.

*p < 0,05 diferència significativa en el laboratori.

requereix un escalfament previ perquè és un test incremental que comença a velocitats baixes; 4) probablement, la motivació necessària per assolir el rendiment màxim en el 20m-SRT és menor que la requerida en el test de la milla, que necessita els subjectes altament motivats durant tota la prova per assolir un rendiment més elevat, i 5) a més, el 20m-SRT presenta avantatges psicològics en comparació amb el test de la milla: els subjectes amb una condició física baixa acaben els últims en el test de la milla, i això possiblement pot ser una càrrega psicològica en aquests nens; en canvi, els nens i adolescents amb una condició física baixa acaben primer el 20m-SRT, i tot i que això indica un rendiment pobre en el test, la connotació negativa de l'alumne és més lleugera, perquè acaba abans el test, si es compara en acabar l'últim o després de la majoria dels seus companys³⁹.

Actualment el 20m-SRT també integra la bateria ALPHA, que fou dissenyada per avaluar la condició física relacionada amb la salut dels nens i adolescents⁶⁰. Recentment la bateria ALPHA ha estat aplicada per primera vegada a l'Argentina, on 1.606 nens i adolescents de 6 a 19 anys foren avaluats amb el 20m-SRT⁶¹. És interessant destacar que els participants que assoliren un rendiment i capacitat aeròbica més elevats tingueren majors nivells de força, velocitat i agilitat; menor índex de massa corporal i de perímetre de cintura, i la seva prevalença de sobrepès i obesitat fou de 2 a 3 vegades menor en relació als subjectes amb un nivell de capacitat aeròbica baix⁴⁶. Aquests resultats són importants des del punt de vista de la salut, perquè reforcen la utilitat del 20m-SRT perquè està relacionat amb paràmetres com l'obesitat abdominal i general, així com altres qualitats físiques. A més, alguns investigadors han estat interessats en estudiar la capacitat diagnòstica del 20m-SRT per identificar els subjectes amb factors de risc o problemes de salut cardiometabòlics^{62,63}. Aquesta és una àrea d'investigació relativament nova que obre una porta a futurs estudis en aquest camp².

Aplicabilitat del *course navette* de 20 metres en els esports d'equip

En esports d'equip com el rugbi, el futbol, l'hoquei, el bàsquet i el handbol, també considerats esports acíclics o intermitents, es recorren llargues distàncies durant el partit. Prenent com a exemple el rugbi, els subjectes recorren de mitjana 6,0 km per partit⁶⁴. Tanmateix, fan aquesta distància alternant les velocitats: aturat (0,0-1,8 km h⁻¹), caminant (1,8-6,2 km h⁻¹), trotant (6,2-12,9 km h⁻¹), corrent a intensitat mitjana (12,9-18,0 km h⁻¹), corrent a intensitat elevada (18,0-24,2 km h⁻¹) i corrent a velocitat màxima (> 4,2 km h⁻¹)⁶⁴. Al seu torn, en aquestes carreres se sumen les accions motores específiques de l'esport com l'entrada (*tackle*), la melé (*scrum*), el mol (*maul*), la melé espontània (*ruck*) i la línia (*line*), entre altres. Per això el component cardiorespiratori és monitorat en aquests esports, degut a l'alt rendiment aeròbic. El test més utilitzat pels entrenadors és el 20m-SRT, degut a què contempla determinades accions motores pròpies d'aquests esports (frenar, canviar de direcció, accelerar i desaccelerar). Durant molt de temps aquesta teoria fou sostinguda pels entrenadors des de la pròpia pràctica. Aziz et al. comprovaren aquesta

Homes				Dones			
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 Taula per valorar la VAM a partir de la VFA del 20m-SRT. Font: Extret de García i Secchi¹³.

teoria¹². Els autors analitzaren 16 subjectes: 8 esportistes d'equip (6 jugadors de rugbi i 2 jugadors d'hoquei) i 8 esportistes de resistència de llarga durada (6 triatletes i 2 fondistes). Tant en cinta com en camp es prengueren mesures directes utilitzant un analitzador de gasos portàtil (Cosmed K4b2). En el laboratori s'utilitzà un test incremental, i en el camp, el 20m-SRT. A la taula 4 es mostra un resum del treball.

Els resultats demostraren que en els esportistes d'esports d'equip no hi havia diferències significatives entre el VO_{2max} obtingut en el camp respecte al del laboratori, mentre que els esportistes de resistència obtingueren un VO_{2max} menor en camp respecte al laboratori. És evident que el protocol influeix en assolir el VO_{2max} en els esports de resistència i cal avaluar-los amb un protocol exclusivament lineal. Tanmateix, per mesurar el VO_{2max} d'esportistes d'equip el protocol no influeix en el resultat. Aquest és el motiu principal pel qual el 20m-SRT està molt vinculat als esports d'equip⁶⁵⁻⁶⁷.

Relació del *course navette* de 20 metres amb la velocitat aeròbica màxima i l'entrenament aeròbic

Actualment la VAM és una de les variables més utilitzades en l'entrenament aeròbic. Aquesta variable ha estat àmpliament estudiada des de diversos punts de vista^{7,13,14,20,25,68-72}. Tanmateix, degut a les característiques del 20m-SRT, la VFA assolida subestima la VAM^{7,13,19,23,33}. Cazorla i Léger⁷¹ confeccionaren una taula de correcció per avaluar la VAM. Aquesta proposta és pràctica per a l'entrenador, tot i que és poc coneguda perquè no va ser publicada en una revista científica. Per aquest motiu, es desconeix la mostra emprada, la diferència entre sexes i la metodologia que utilitzaren per confeccionar-la. García i Secchi¹³ validaren una taula de correcció per ajustar la VFA del 20m-SRT, a partir de la taula de Cazorla i Léger⁷¹. A la figura 4 es pot veure la taula de correcció.

Els autors analitzaren 77 subjectes d'ambdós sexes (46 homes i 31 dones), essent el treball amb major quantitat de subjectes mesurats i l'únic que inclogué una població femenina. Foren avaluats amb 2 tests: test VAM-EVAL i el 20m-SRT. Per comprendre millor com van ser construïdes ambdues taules es recomana consultar el treball original¹³. La taula proposada és fàcil d'aplicar. Si prenem, per exem-

ple, el valor de la velocitat de 13,5 km h⁻¹, en cas que aquesta velocitat hagi estat assolida per un subjecte de sexe masculí, li correspon una VAM predictiva de 16,2 km h⁻¹ (fig. 4), i en cas que aquest valor hagi estat obtingut per una dona, li correspon una VAM predictiva de 15,5 km h⁻¹ (fig. 4). Corregida la velocitat, aquesta velocitat és utilitzada per dosificar les càrregues de treball. Aquesta proposta és molt pràctica per als entrenadors.

Tests successors del *course navette* de 20 metres

Posteriorment a la publicació del *course navette* de 20 m, diversos autors prengueren la iniciativa de confeccionar altres tests audibles utilitzant com a referència el 20m-SRT. En són un exemple: *shuttle square test 20 metres*⁴², test VAM-EVAL⁷¹, *interval shuttle run test*⁷³, la bateria de test YOYO⁷⁴⁻⁷⁶, l'UNCa test^{77,78}, el *30-15 Intermitent fitness test*⁷⁹, el *shuttle square test 15 metres*⁸⁰, el *navette-tennis*⁸¹, el *45-15 aerobic fitness test*⁸², l'*skating multistage aerobic test* (patí)⁸³ i l'HMRAT_{10m}⁸⁴, entre altres.

Altres autors modificaren la primera etapa del test, iniciant-lo a 8,0 km h⁻¹^{15,30,59}, o 4,0 km h⁻¹⁸⁵. Uns altres modificaren el nombre original de 20m-SRT, cosa que es pot apreciar en els tests següents:

- PACER: *progressive aerobic cardiovascular endurance run*⁵⁹.
- YOYO: test de resistència nivell 1 i nivell 2⁷⁴.

Es desconeixen els motius pels quals es modificà el protocol i el nom original.

Conclusió

Després de la revisió efectuada podem manifestar que als 30 anys de la seva primera publicació, el test de *course navette* de 20 m continua sent un dels tests més utilitzats per estudiar el component cardiorespiratori, en ambdós sexes i en un rang ampli d'edats. Això és degut a: 1) les correlacions obtingudes amb el VO_{2max} directe; 2) l'estabilitat predictiva en subjectes amb diferents nivells de condició física; 3) la bona fiabilitat test-retest; 4) la sensibilitat per monitorar canvis postentrenament; 5) la seva relació amb la salut i capacitat diagnòstica; 6) la possibilitat de dosificar càrregues de treball corregint la velocitat final assolida, i 7) principalment, la idea original de dur-lo a terme en un recorregut d'anada i tornada en 20 m.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Agraïments

A Luc Léger per enviar-nos els seus manuscrits en francès i anglès.

A tots els autors que desinteressadament van col·laborar enviant-nos els seus treballs d'investigació.

Bibliografia

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, editors. *Fisiología del ejercicio.* 3a ed. 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 20 m 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 assessment of physical fitness. Oklahoma: Publications Civil Aeromedical Research Institute; 1963. No. 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, Lenseil-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 VO₂max. *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 à 17 ans - Test navette de 20 mètres 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 VO₂max 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, Lensele-Cobeil G, Vandendorpe 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 lactacidaemia 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. Cardiorespiratory 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 testing 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, Guerrieri 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 for studies 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, editors. *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 meta-

- bolic risk in Portuguese adolescents. *J Sci Med Sport*. 2011;14:79-84.
63. Silva G, Aires L, Mota J, Oliveira J, Ribeiro JC. 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;26:825-33.
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 [tesis]. 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 the training: Effects on VO₂max, the lactate threshold and 3000 m 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 vitesse maximale aérobie. En: Cazorla G, Robert G. *L'évaluation en activité 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;18:821-7.
74. Bangsbo J. *The Yo-Yo tests*. Copenhagen, Dinamarca: August Krogh Institute; 1996.
75. Krustup 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, Krustup 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 aérobica 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 (en premsa).
79. Buchheit M. The 30-15 intermittent fitness test: Accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J Strength Cond Res*. 2008;22:365-74.
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;13:70-3.
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 (en premsa).
83. Leone M, Léger LA, Larivière G, Comtois AS. The skating multistage aerobic test. *Int J Sports Med*. 2007;28:823-8.
84. Piliandis 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, Mougín 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.