Nutrición Hospitalaria

Nutr Hosp. 2014;30(6):1333-1343
ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ
S.V.R. 318

Original/*Deporte y ejercicio*

Evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria en niños de edad preescolar: adaptación del test de 20m de ida y vuelta

Cristina Cadenas-Sánchez[1*], Francisco Alcántara-Moral[1*], Guillermo Sánchez-Delgado[1], José Mora-González[1], Borja Martínez-Téllez[1], Manuel Herrador-Colmenero[1], David Jiménez-Pavón[2], Pedro Femia[3], Jonatan R. Ruiz[1] y Francisco B. Ortega[1]

[1]Grupo de investigación PROFITH "PROmoting FITness and Health through physical activity". Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Granada. [2]Departamento de Didáctica de la Educación Física, Plástica y Musical, Facultad de Educación, Universidad de Cádiz, Puerto Real. [3]Unidad de Bioestadística, Facultad de Medicina, Universidad de Granada. España.

Resumen

La capacidad cardiorrespiratoria es un potente indicador de salud presente y futura en niños y adolescentes, sin embargo se desconoce si también lo es para niños de edad preescolar, de 3 a 5 años. En el presente estudio, describimos la adaptación a preescolares del test original de 20m de ida y vuelta, su viabilidad y asimilación en niños de 3 a 5 años, así como su maximalidad y fiabilidad. Un total de 130 alumnos (4,91 ± 0,89 años; 77 niños), realizaron el test dos veces, con dos semanas de separación. La adaptación del test consistió principalmente en reducir la velocidad inicial de 8,5 km/h a 6,5 km/h. El test fue viable y tuvo una buena asimilación tanto en niños como en niñas y en los tres grupos de edad, 3, 4 y 5 años. La frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) alcanzada para la muestra completa fue de 199,4 ± 12,5 latidos/minuto, equivalente a un 97% de la FCmáx teórica estimada, y sin diferencias significativas por sexo o edad. La diferencia de medias test-retest (error sistemático) en el número de vueltas alcanzado fue de 2 vueltas, sin diferencias por sexo o edad. No hubo evidencia de heterocedasticidad. Nuestros resultados sugieren que el test es máximo y fiable en este grupo de edad. Futuros estudios de intervención o longitudinales que utilicen este test deberían tener en cuenta que cambios en el rendimiento en el test de 2 vueltas podrían deberse a la propia variabilidad de la medida, mientras que cambios de mayor magnitud podrían ser atribuibles a la intervención o cambios asociados a la edad.

(*Nutr Hosp*. 2014;30:1333-1343)

DOI:10.3305/nh.2014.30.6.7859

Palabras claves: *Capacidad aeróbica. Course Navette. Condición física. Fiabilidad.*

Correspondencia: Cristina Cadenas-Sánchez.
Facultad de Ciencias del Deporte.
Universidad de Granada.
Carretera de Alfacar s/n.
Granada, 18071, España.
E-mail: cadenas@ugr.es

Recibido: 1-VIII-2014.
Aceptado: 6-IX-2014.

* Igual contribución.

ASSESSMENT OF CARDIORESPIRATORY FITNESS IN PRESCHOOL CHILDREN: ADAPTATION OF THE 20 METRES SHUTTLE RUN TEST

Abstract

Cardiorespiratory fitness is a strong indicator of present and future health in children and adolescents, however it is unknown whether it is for pre-schoolers, from 3 to 5 years. In the present study, we described the adaptation of the original 20m shuttle run test, it feasibility and acceptance in children from 3 to 5 years and its maximality and reliability. A total of 130 students (4.91 ± 0.89 years; 77 boys) performed the test twice, two weeks apart. The test adaptation consisted mainly in reducing the initial speed of 8.5 km/h to 6.5 km/h. The test was feasible and was well accepted in both boys and girls and the three age groups, 3, 4 and 5 years. The maximum heart rate (MHR) achieved for the entire sample was 199.4 ± 12.5 beats/min, equivalent to 97% of the estimated theoretical MHR, and no significant differences by gender or age. Mean test-retest difference (systematic error) in the number of laps achieved was 2 laps, with no significant differences between sex or age. There was no evidence of heteroscedasticity. Our results suggest the test is maximum and reliable in this age group. Future longitudinal or intervention studies using this test should take into account that changes in the test performance of 2 laps may be due to the variability of the measure, while wider changes would be attributable to the intervention or changes associated with age.

(*Nutr Hosp*. 2014;30:1333-1343)

DOI:10.3305/nh.2014.30.6.7859

Key words: *Aerobic capacity. Course Navette. Physical fitness. Reliability.*

Abreviaturas

DT: Desviación típica.
FC: Frecuencia cardiaca.
ANOVA: Análisis de la varianza.
FCmáx: Frecuencia cardiaca máxima.

Introducción

Estudios recientes muestran que la capacidad cardiorrespiratoria es un potente indicador de salud futura en niños y adolescentes[1, 2]. Ortega et al. (2011)[3] en un estudio longitudinal en el que participaron 598 niños estonios y suecos observó que aquellos que mostraban una alta capacidad cardiorrespiratoria durante la niñez, tendrían menor riesgo de desarrollar sobrepeso/obesidad durante la pubertad. Recientemente, en un estudio con 700.000 adolescentes varones se observó que una mayor capacidad cardiorrespiratoria en la adolescencia se asociaba con menor riesgo de infarto de miocardio futuro[4]. Por todo ello, la valoración de la condición física en niños y adolescentes, y concretamente la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria, se considera actualmente de gran relevancia desde el punto de vista clínico y de salud pública.

Numerosos estudios han evaluado la capacidad cardiorrespiratoria en niños y adolescentes[4-6]. En este sentido, en una revisión sistemática realizada por nuestro grupo observamos que existían más de 15 baterías de tests de campo para evaluar la condición física, y más de 10 tests distintos para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria[7-8]. Los tests más usados son el test de ½ milla, el test de 1 milla y el test de 20 metros de ida y vuelta[7]. Aunque existe información abundante acerca de la fiabilidad[9], validez[2] y relación con la salud futura[7, 10] de estos tests en niños de 6 años y mayores, así como en adolescentes, dicha información es muy limitada en preescolares de 3 a 5 años. Cabe esperar que la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria a estas edades se relacione con la salud al igual que ocurre en niños de mayor edad, sin embargo, para que esta hipótesis pueda ser testada es necesario disponer de tests que puedan ser usados en estas edades.

Tras revisar en profundidad la literatura, un total de 5 estudios han examinado la fiabilidad de los tests de capacidad cardiorrespiratoria en preescolares[11-15]. Los más usados han sido el test de 20m de ida y vuelta[13, 14], el test de ½ milla[11, 14] y la distancia recorrida en 3 minutos[11, 12]. Niederer et al. (2012)[13] observaron una buena fiabilidad del 20m de ida y vuelta en niños de 4 a 6 años[16]. Por otro lado, Reeves et al. (1999)[14] que examinaron tanto el test de 20m de ida y vuelta como el de ½ milla, no encontraron diferencias significativas (test versus retest 1 semana después). Otros autores[11, 12] observaron en niños de 4 a 6,5 años una fiabilidad aceptable en el test de 3 minutos corriendo. Es importante destacar que no hemos encontrado ningún estudio que haya evaluado la capacidad cardiorrespiratoria en niños de 3 años. Del mismo modo, tampoco hemos encontrado ningún estudio que valore la validez de estos tests en niños de edad preescolar.

Puesto que en niños de más de 6 años y adolescentes, el test más fiable[8] y válido[9] fue el test de 20m de ida y vuelta, nos planteamos testar si este test era viable en niños de 3 a 5 años. Para ello, realizamos un estudio piloto con niños de 4 años y observamos que la velocidad inicial (8,5 kilómetros por hora) del protocolo original del test de 20m de ida y vuelta era demasiado exigente para estos niños, no pudiendo completar más de una vuelta la mayoría de ellos (datos no publicados). En base a esta experiencia, decidimos realizar una adaptación a preescolares del test original creado por el Dr. Léger en la Universidad de Montreal[16]. De aquí en adelante, nos referiremos a este test como el test de 20m de ida y vuelta PREFIT (Evaluación del FITness en PREescolares). En esta versión adaptada, la velocidad del primer estadío se redujo a 6,5 km/h aumentando 0,5km/h cada minuto.

El presente estudio plantea como objetivos: 1) Describir la adaptación del test original de 20m de ida y vuelta comprobando su viabilidad y asimilación en preescolares; 2) Examinar los criterios de maximalidad en niños de 3 a 5 años y evaluar la fiabilidad del test de 20m de ida y vuelta PREFIT.

Método

Muestra y diseño experimental

Este estudio forma parte del proyecto PREFIT. Un total de 137 alumnos, (78 niños; 4,91 ± 0,89 años) de educación infantil aceptaron participar en el estudio. Los participantes estaban matriculados en primer, segundo y tercer curso de infantil, en dos centros educativos de Granada (sur-este de España). Las evaluaciones test y retest se realizaron entre 2013 y 2014 por investigadores entrenados con experiencia en el ámbito educativo y deportivo. Siete niños rechazaron realizar el test o faltaron en alguna de las mediciones (5,1%), resultando un total de 130 participantes los que completaron ambas evaluaciones (test-retest) y fueron por tanto incluidos en los análisis de este estudio. Este estudio está aprobado por el Comité de Ética de Investigación Humana de la Universidad de Granada. Además, todos los padres o tutores legales firmaron un consentimiento informado donde se les explicaba los objetivos y prueba del estudio así como la metodología que se iba a desarrollar.

Descripción de la adaptación test de 20m de ida y vuelta PREFIT

Test original de 20m de ida y vuelta (también conocido como Course Navette)

El objetivo de esta prueba es evaluar la capacidad cardiorrespiratoria a través de un test de campo indi-

recto e incremental de ida y vuelta en una distancia de 20 metros hasta el agotamiento. Este test fue desarrollado por el Dr. Léger en 1988[16] y desde entonces se ha usado en más de 100 estudios en niños y adolescentes[17]. En el protocolo original el niño se desplaza de una línea a otra situadas a 20 metros de distancia y haciendo el cambio de sentido al ritmo indicado por una señal sonora que irá acelerándose progresivamente. La velocidad inicial de la señal es de 8,5 km/h, y se incrementará en 0,5 km/h por minuto (1 minuto es igual a 1 palier o estadío). La prueba terminará cuando el niño no sea capaz de llegar por segunda vez consecutiva a una de las líneas con la señal de audio. De lo contrario, la prueba terminará cuando el niño se detiene debido a la fatiga. Una vez que el niño se detiene, se registra el último medio estadío completado.

Adaptaciones realizadas: test 20m de ida y vuelta PREFIT

Como se ha comentado anteriormente, tras testar en el estudio piloto que la velocidad inicial del test original, 8,5km/h, era demasiado exigente para niños de 4 años (N=24; edad media y desviación típica -DT- = 4,5 ± 0,3 años) y la mayoría no podían completar más de una vuelta, decidimos adaptar el protocolo original para ser usado en niños de preescolar. La principal adaptación fue reducir la velocidad inicial a 6,5 km/h (se mantuvieron los incrementos de 0,5 km/h cada minuto del protocolo original). En una reunión de expertos en valoración de la condición física en población joven, se decidió buscar una velocidad inicial suficientemente baja que permitiera hacer varias vueltas a aquellos niños de menor edad (3 años) y peor capacidad cardiorrespiratoria, y al mismo tiempo lo suficientemente alta para que el test no durara más de 8-10 minutos en los niños de mayor edad (5 años) y mejor capacidad cardiorrespiratoria. Esta fue por tanto una estimación hipotética basada en juicio de expertos, que necesitaba ser testada en una población de preescolares de 3 a 5 años, tal y como se ha hecho en el presente estudio.

Se realizaron también otras adaptaciones al protocolo original: 1) Para el test de 20m de ida y vuelta PREFIT, observamos (en el estudio piloto ya mencionado) que idealmente, el test requiere de 2 personas corriendo con los niños, uno por delante y otro por detrás de ellos, formando una franja imaginaria en movimiento que les ayuda a mantener la velocidad adecuada. 2) El test se termina cuando a juicio del examinador el niño no puede mantener el ritmo requerido (no consigue llegar a la línea a tiempo dos veces consecutivas), o cuando el propio niño se para por agotamiento. 3) Se recomienda realizar la prueba en grupos de 4 a 8 niños, quedando abierta la posibilidad de hacerlo de forma individualizada. 4) Animar y motivar a los niños de forma efusiva y constante se consideró un requisito indispensable para la correcta realización del test. Por ello, como estrategia metodológica, se crearon dos cuentos (uno para el test y otro para el retest). 5) El resultado del test se recoge en número de vueltas completadas (1 vuelta = 20 metros), en lugar del último medio palier/estadío completado, como se hacía en niños de mayor edad. Con esto se pretende aumentar la precisión del test y su capacidad discriminativa.

Monitorización de la frecuencia cardiaca durante el test

Con el objeto de testar si el test fue máximo, los participantes llevaron puesto un pulsómetro (Polar RS800CX, Kempele, Finlandia) durante la realización de la prueba (iniciando y continuando el registro antes y después de ésta). La monitorización de la frecuencia cardiaca (FC) se realizó en 100 niños y niñas (76,9% de la muestra total).

Análisis estadístico

Para comprobar el nivel de maximalidad del test se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías estableciendo como factor fijo el sexo y la edad (en grupos) y como variables dependientes la FC máxima (FCmáx) teórica y el porcentaje de FCmáx. Dado que no existen ecuaciones para estimar la FCmáx en preescolares decidimos utilizar la ecuación 208 - 0,7(edad) siguiendo los resultados obtenidos por Mahon et al. (2010)[18] con niños de 7 años en adelante. Los grupos de edad se crearon de la siguiente forma: 3 años de 3,0 a 3,9 años, 4 años de 4,0 a 4,9 años, y 5 años de 5,0 en adelante.

La fiabilidad (test-retest) del test de 20m de ida y vuelta PREFIT fue evaluada siguiendo el método de Bland y Altman[19]. Se calculó la media de las diferencias (error sistemático) y el 95% de los límites de acuerdo (error ± 1,96 multiplicado por la desviación típica de las diferencias). Los resultados fueron examinados representando gráficamente la media frente a su diferencia, tal y como propusieron Bland y Altman[19]. Para saber si la diferencia (test-retest) de medias en el test de 20m de ida y vuelta PREFIT era significativamente diferente entre sexo y edad, se realizó un ANOVA de dos vías, teniendo como factor fijo el sexo y la edad y como variables dependientes la media de las diferencias del test de 20m de ida y vuelta PREFIT. Observando el nivel de significación de la intercepción de este modelo ANOVA, podemos saber si la diferencia entre test y retest es significativamente diferente de cero para la muestra completa. Para testar si la fiabilidad varía por grupos de sexo y de edad (3, 4 y 5 años) usamos un contraste polinómico de tendencia lineal.

Con el objeto de ver la correlación-concordancia entre las medidas test-retest del test de 20m de ida y vuelta PREFIT y de la maximalidad de la FC, se realizó el coeficiente de correlación de concordancia de Lin (r_c)[20].

El análisis de la heterocedasticidad es importante en estudios de fiabilidad, ya que nos informa de en qué medida el error (variabilidad test-retest) de la medida incrementa o disminuye conforme aumenta la magnitud de la medida. Para calcularla los valores negativos de la media de las diferencias se transforman en positivos (multiplicando por -1 los valores negativos), usándose esta variable como dependiente en un modelo ANOVA de una vía. Como factor fijo de este modelo se incluyó la medida de magnitud, representada por grupos de nivel (cuartiles) de capacidad cardiorrespiratoria (siendo el cuartil 1 el peor nivel y el cuartil 4 el mejor). Para testar si a mayor magnitud mayor variabilidad usamos un contraste polinómico de tendencia lineal, de modo que un resultado significativo en este test confirmaría heterocedasticidad.

En análisis exploratorio se realizaron los mismos análisis de fiabilidad para la FCmáx medida, con el objetivo de evaluar si el grado de maximalidad obtenido en el test era estable cuando el test se realiza en diferentes momentos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS, v. 20.0 para Windows) y el nivel de significación se fijó en 0,05.

Resultados

Las características descriptivas (edad, peso, talla, índice de masa corporal y perímetro de cintura) de los preescolares estudiados se muestran en la tabla I. Los resultados se presentan para toda la muestra y dividido por sexo y edad.

Viabilidad y asimilación del test de 20m de ida y vuelta PREFIT

El tiempo de preparación/explicación del test a los niños fue de 3 minutos aproximadamente y la duración del test depende en gran medida de su capacidad cardiorrespiratoria. Los participantes completaron un mínimo de 3 vueltas y un máximo de 71, siendo 25 la media de vueltas alcanzadas en el test. Observamos que la realización del test en condiciones óptimas fue en grupos de 4-8 niños, no obstante, en niños de 3 años, no se recomienda realizar el test con más de 4-5 niños. Los niños comprendieron correctamente las instrucciones del test y mostraron una motivación elevada para la realización del mismo.

Maximalidad del test

La figura 1 muestra un ejemplo del registro de la FC durante el test. Respecto a la maximalidad del test, no se observaron diferencias por sexo en el porcentaje de la FCmáx teórica en el test (97,5% tanto para niñas como niños y P=0,972) ni en el retest (97,1% para las niñas y 96,1% para los niños y P=0,373). Aunque las diferencias entre los grupos de edad en porcentaje de FCmáx teórica no fueron significativas, sí hubo indicios de significación (test P=0,062). Concretamente, se observó que los niños de 3 años alcanzaron un porcentaje de FCmáx teórica (94,79%) menor que los niños de 4 (97,64%) y 5 años (98,36%). Similares valores se obtuvieron en el retest (P=0,067). El coeficiente de correlación de concordancia de Lin de toda la muestra fue de 0,311.

Fiabilidad del test

La tabla II presenta (media ± DT) el número de vueltas realizadas por los preescolares en el test, retest y la media de las diferencias. Los niños mostraron un mayor número de vueltas recorridas que las niñas y una media de las diferencias de 1 vuelta mientras este valor se vio aumentado a casi 3 vueltas y media en las niñas. Por lo que respecta a la edad, los niños de 5 años fueron los que alcanzaron mayor número de vueltas en el test de 20m de ida y vuelta PREFIT. No obstante, la media de las diferencias test-retest no fue significativa en cuanto al sexo y edad (P>0,05). La fi-

Tabla I
Características de la muestra de estudio

	Sexo			*Edad*		
	Todos (N=137)	*Niños (N=59)*	*Niñas (N=78)*	*3 años (N=31)*	*4 años (N=32)*	*5 años (N=74)*
Edad (años)	4,9 ± 0,8	4,9 ± 0,8	4,8 ± 0,8	3,6 ± 0,2	4,5 ± 0,3	5,6 ± 0,3
Peso (Kg)	19,7 ± 3,5	19,8 ± 3,4	19,5 ± 3,7	16,6 ± 1,9	18,2 ± 1,9	21,7 ± 3,4
Talla (cm)	109,2 ± 7,6	101,1 ± 7,6	107,9 ± 7,4	99,9 ± 3,6	106,2 ± 3,9	114,5 ± 5,1
Índice de Masa Corporal (Kg/m^2)	16,4 ± 1,6	16,2 ± 1,4	16,7 ± 1,8	16,6 ± 1,2	16,1 ± 1,2	16,4 ± 1,9
Perímetro cintura (cm)	53,2 ± 4,1	53,1 ± 3,7	53,5 ± 4,6	51,4 ± 3,2	52,7 ± 3,0	54,2 ± 4,6

Los datos mostrados son media ± desviación típica.

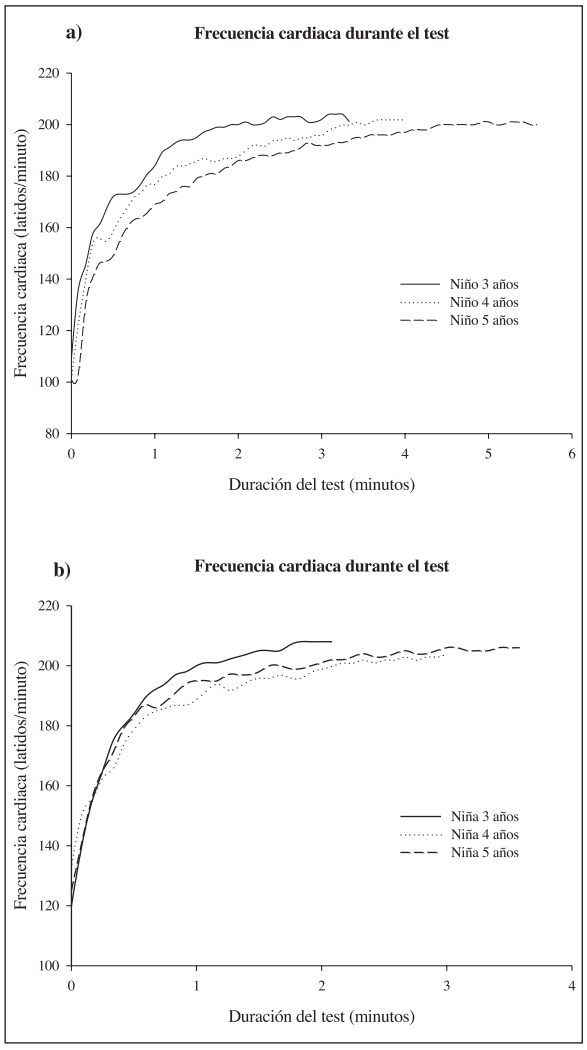

Fig. 1.—Registro de la frecuencia cardiaca de tres niños (1a) y niñas (1b) de 3, 4 y 5 años elegidos al azar durante la realización del test 20m de ida y vuelta PREFIT.

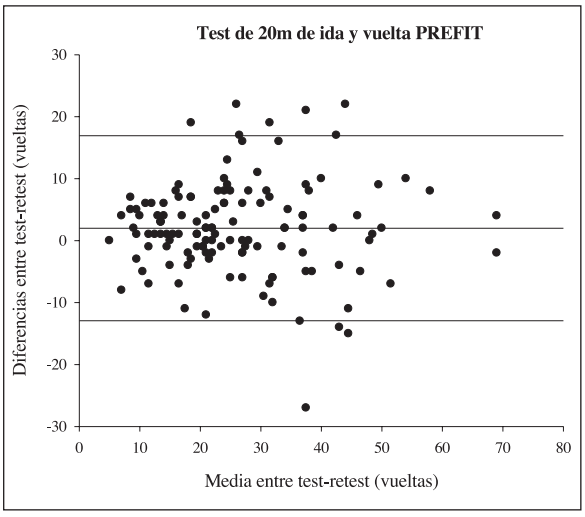

Fig. 2.—Fiabilidad del número de vueltas realizadas en el test de 20m de ida y vuelta PREFIT. La línea central representa la media de las diferencias (error sistemático). La línea superior e inferior representa el 95% de los límites de acuerdo (media de las diferencias ± 1,96 DT de las diferencias). Los cálculos se realizaron restando los valores del retest con los del test, por lo que datos positivos indican que en el retest los valores fueron mayores que en el test.

gura 2 representa gráficamente el modelo Bland-Altman, indicando los errores sistemáticos y aleatorios obtenidos al comparar las diferencias test-retest con la magnitud de la medida (media entre test-retest). El análisis de heterocedasticidad (resultados no mostrados) para el test 20m de ida y vuelta PREFIT no resultó significativo (P>0,05), indicando que no hay una relación lineal entre la magnitud (nivel de capacidad cardiorrespiratoria) y la variabilidad test-retest (fiabilidad del test). El análisis de correlación de concordancia mostró un resultado de 0,827.

Tabla II
Test, retest y media de las diferencias del número de vueltas realizadas en el test de 20m de ida y vuelta PREFIT

Test de 20m de ida y vuelta PREFIT		*N*	*Test*	*N*	*Retest*	r_c	*N*	*Media de las diferencias (Retest- Test)*	*P de la diferencia*
Todos		137	25,00 ± 13,4	134	27,12 ± 13,2	0,838	130	2,00 ± 7,6	0,002
Sexo	Niñas	59	20,15 ± 9,7	53	23,83 ± 10,5	0,769	53	3,41 ± 6,9	0,360
	Niños	78	28,67 ± 14,7	81	29,27 ± 14,4	0,852	77	1,03 ± 8,0	
Edad	3 años	31	12,90 ± 5,9	29	15,21 ± 6,2	0,643	29	1,76 ± 5,0	0,804
	4 años	32	21,09 ± 7,4	32	23,97 ± 6,5	0,615	29	3,34 ± 6,1	
	5 años	74	31,76 ± 13,5	73	33,23 ± 13,7	0,789	72	1,56 ± 8,9	

Los datos mostrados son media ± DT. r_c = Coeficiente de correlación de concordancia de Lin.
Análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías, teniendo como factor fijo el sexo y la edad y como variables dependientes la media de las diferencias del test 20m de ida y vuelta PREFIT. Observando el nivel de significación de la intercepción de este modelo ANOVA, podemos saber si la diferencia entre test y retest es significativamente diferente de cero para la muestra completa. Para testar si la fiabilidad varía por grupos de sexo y de edad (3, 4 y 5 años) usamos un contraste polinómico de tendencia lineal.

Análisis exploratorios

La tabla SI del anexo presenta la media y DT del test, retest y media de las diferencias test-retest de la FCmáx registrada en el test de 20m de ida y vuelta PREFIT. No hubo diferencias significativas en la maximalidad de la prueba entre el test y el retest (P=0,755), y tampoco se observaron diferencias por sexo o edad (P=0,602 y P=0,892). No hubo indicios de heterocedasticidad en FCmáx medida ni en el porcentaje de la FCmáx teórica (P>0,05). La figura 3a muestra gráficamente la relación entre la media de la FCmáx medida y la diferencia test-retest. La relación entre el porcentaje de FCmáx teórica y la diferencia test-retest se muestra gráficamente en la figura 3b.

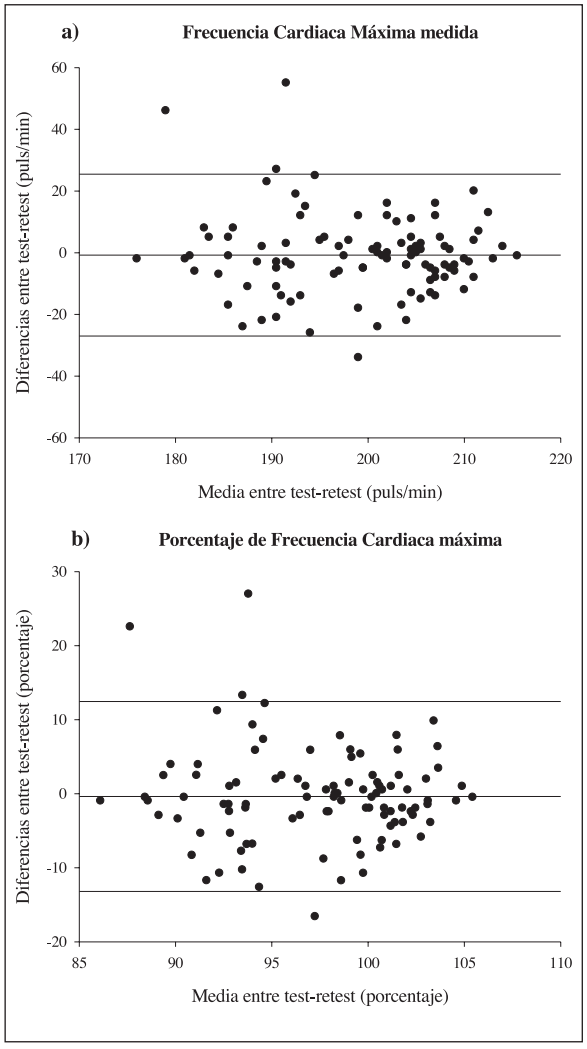

Fig. 3.—Fiabilidad de la frecuencia cardiaca máxima medida (Fig. 3a) y fiabilidad del porcentaje de frecuencia cardiaca máxima (Fig. 3b) en el test de 20m de ida y vuelta PREFIT. La línea central representa la media de las diferencias (error sistemático). La línea superior e inferior representa el 95% de los límites de acuerdo (media de las diferencias ± 1,96 DT de las diferencias). Los cálculos se realizaron restando los valores del retest con los del test, por lo que datos positivos indican que en el retest los valores fueron mayores que en el test.

Discusión

Las principales aportaciones del estudio son la descripción de la adaptación para niños en edad preescolar (estudio PREFIT) del test original de 20m de ida y vuelta. Además se observó que el test 20m de ida y vuelta PREFIT es un test viable y correctamente asimilado por niños y niñas de 3, 4 y 5 años. La monitorización de la FCmáx obtenida al final del test, se ha demostrado que el test de 20m de ida y vuelta PREFIT supuso un esfuerzo máximo, equivalente al 97% de la FCmáx teórica, independientemente del sexo y de la edad. La media de las diferencias (error sistemático) test-retest fue de 2 vueltas, sin diferencias por sexo y edad; y no se observó heterocedasticidad en la variabilidad test-retest del test de 20m de ida y vuelta PREFIT.

Viabilidad del test

Observamos que el test se realizó de forma correcta y fue aceptado por todos los grupos de edad. Un aspecto importante de viabilidad del test es en relación con la velocidad inicial elegida mediante consenso de expertos. Es por tanto necesario testar en población preescolar si esta velocidad inicial fue adecuada o no, es decir si fue demasiado rápida, dando lugar a un porcentaje de participantes que no completaran ni una vuelta, o demasiado lenta, dando lugar a un test excesivamente prolongado. Los participantes completaron un mínimo de 3 vueltas y un máximo de 71, lo cual es equivalente a unos 8-10 minutos de test como máximo que es similar a lo observado en estudios poblacionales en adolescentes usando el protocolo original[21]. Sólo hemos encontrado 2 estudios previos que hayan usado el test de 20m de ida y vuelta en niños de 4 y 5 años[13, 14], y ningún estudio que haya usado este test o cualquier otro en niños de 3 años. Por lo tanto, la adaptación del test de 20m de ida y vuelta PREFIT que se aporta en este estudio, sería la primera alternativa que nosotros tengamos conocimiento, para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria mediante test de campo en preescolares de 3 a 5 años.

Niederer et al. (2012)[13], observaron que era necesario que al menos un examinador acompañase a los niños durante el test para marcar el ritmo de la prueba. Tras nuestro estudio, estamos de acuerdo con esta observación e incluso añadimos que idealmente, 2 examinadores acompañen a los niños, uno por delante de ellos y otro por detrás. De esta forma, los participantes saben que tienen que correr entre los examinadores y por consiguiente, seguir el ritmo de la prueba. Si el test se realizase con un examinador, se recomienda reducir el grupo a 1-2 participantes (corriendo éstos a ambos lados del examinador). En apartado 2 del anexo se incluye la descripción detallada del protocolo adaptado del test de 20m de ida y vuelta PREFIT. La tabla SII del anexo muestra una comparación entre el test de 20m de ida y vuelta y el test de 20m de ida y vuelta PREFIT.

Maximalidad del test

La motivación es un factor fundamental para el rendimiento en este test tanto a nivel individual como a nivel colectivo[17]. Los resultados obtenidos indican que el test 20m de ida y vuelta PREFIT puede ser considerado un test máximo para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria en preescolares, ya que los niños evaluados realizaron un esfuerzo máximo, en torno a 200 latidos por minuto que equivale al 97% de su FCmáx teórica. No observamos diferencias significativas en cuanto a la maximalidad del test por sexo o edad. No obstante, aunque no estadísticamente significativa, sí se observó que la FCmáx alcanzada por el grupo de edad de 3 años fue algo inferior a los niños de 4 y 5 años (195 versus 200 latidos/min en el test y 193 versus 198 latidos/min en el retest, respectivamente; FCmáx en 4 y 5 años fue idéntica). Además, no se observó heterocedasticidad en relación a la FCmáx por lo que el error sistemático test-retest no aumentaba conforme aumentaba el nivel de capacidad cardiorrespiratoria. Respecto a la correlación de concordancia, observamos una buena reproducibilidad de la FCmáx (rc=0,311).

Fiabilidad del test

La media de las diferencias (retest menos test, error sistemático) en el resultado del test 20m de ida y vuelta PREFIT fue de +2 vueltas. Esta diferencia fue estadísticamente significativa sugiriendo un error sistemático de +2 vueltas cuando el test se realiza por segunda vez, lo que se conoce como efecto aprendizaje. Sin embargo, la decisión de si un test es fiable o no debe realizarse en base a juicio científico, y la estadística por sí sola nunca puede responder a esta pregunta. Por ejemplo, cuando se testa la fiabilidad de una medida de glucosa en sangre, realizada dos veces por la misma máquina con 1 minuto de duración. La variabilidad esperada no puede ser la misma que si se mide un test máximo con dos semanas de separación, donde la propia variabilidad biológica puede tener un efecto importante. A nuestro juicio, una variación 2 vueltas, teniendo en cuenta las 2 semanas de separación entre medidas y la edad de los participantes, consideramos que el test tuvo una fiabilidad aceptable, aunque conviene contemplar que pueda existir un pequeño efecto aprendizaje. Estos datos son de gran interés para estudios de intervención o longitudinales que utilicen este test, ya que permiten diferenciar de lo que es la propia variabilidad inherente a la medida de un efecto real de mejora o crecimiento observado en un estudio de intervención o longitudinal, respectivamente. Cambios superiores a dos vueltas, serían susceptibles de ser atribuidos a la intervención o un cambio longitudinal debido a la edad. Es importante destacar que no observamos diferencias significativas entre grupos de sexo y edad, así como tampoco observamos un patrón claro de heteroscedasticidad, lo que sugiere que en aquellas personas con mayor rendimiento, el test es igualmente fiable que en personas con menor rendimiento. En consonancia con nuestros resultados, otros autores reportaron una buena fiabilidad cuando utilizaron el test original de 20m de ida y vuelta en preescolares[13, 14]. Sin embargo, no es posible comparar los resultados de nuestro estudio con estos otros debido a que, por un lado, aplicaron el test de 20m de ida y vuelta original en niños de mayor edad (4-6 años)[13, 14] y por otro lado, usaron diferentes métodos estadísticos (Correlaciones)[13, 14]. Para poder comparar los resultados con Niederer et al. (2012)[13], realizamos una correlacion bivariada de Pearson (test-retest), obteniendo los mismos valores (r=0,84 para ambos estudios; P<0,001). Sin embargo, la correlación es una medida de la fuerza de asociación entre dos variables pero no necesariamente una medida de acuerdo (fiabilidad). Su uso se considera inapropiado para este propósito porque, primero, no permite evaluar el error sistemático, y segundo, depende del rango de valores en la muestra[19, 22]. Por ejemplo, si un observador siempre sobreestima (error sistemático positivo) la puntuación de un test un 20% comparado con otro observador, la correlación entre las medidas sería perfecta, pero ellos nunca estarán de acuerdo. Además, cuanto más heterogénea sea la muestra, mayor será la correlación. Por esta razón, se calculó el coeficiente de correlación de concordancia de Lin, que reflejó una alta correlación de concordancia entre test-retest.

Si comparamos con la fiabilidad de este test en población adolescente, observamos proporcionalmente similares resultados[23]. Puesto que en los estudios con adolescentes, el resultado del test se midió en palieres/estadíos de un minuto, para efectos comparativos trasformamos las vueltas obtenidas en nuestro estudio en estadíos (Anexo, Tabla SIII). En este sentido, al igual que Ortega et al.[23], no encontramos diferencias significativas en cuanto al sexo y edad, aunque el error sistemático (variabilidad) obtenido en nuestro estudio en el sexo es ligeramente superior al obtenido en adolescentes (estudio HELENA -0,1 y 0,0; PREFIT 0,1 y 0,5 estadíos para chicos y chicas, respectivamente). Sin embargo, el error aleatorio (DT de las diferencias de medias) era similar e incluso ligeramente inferior (HELENA 1,5 y 1,1; PREFIT 1,0 y 1,1 estadíos para chicos y chicas, respectivamente).

Limitaciones y fortalezas

La principal limitación de este estudio es el reducido tamaño muestral en los primeros cursos de infantil (3 y 4 años). Aunque se invitaron a participar en el estudio al mismo número de cursos de educación infantil, los padres de los niños de 3 y 4 años fueron los que menos aceptaron colaborar. Por esta razón, el tamaño de los grupos se presenta desequilibrado. Los resultados del test podrían estar parcialmente sesgados o influenciados por el nivel de asimilación del patrón motor de la carrera sobre todos en los niños de menor edad (posibilidad de grandes diferencias entre 3 y 5 años), pudiendo

constituir un factor determinante del final de la prueba en cierta medida los aspectos mecánicos junto con los fisiológicos que se pretenden medir de forma indirecta. En el presente estudio no se midió objetivamente el nivel de domino de dichos patrones en los niños, sin embargo, los evaluadores a través de la observación directa procuraron detectar aquellos casos en los que el patrón motor pudiera constituir un hándicap.

En cuanto a las fortalezas, se trata del primer estudio que analiza en profundidad la fiabilidad de un test de capacidad cardiorrespiratoria en niños de 3 años. Además, se incluyen medidas que no han sido estudiadas en trabajos precedentes tales como el método de Bland-Altman, el análisis de la heterocedasticidad y maximalidad y el coeficiente de correlación de concordancia de Lin.

Conclusiones

El presente estudio contribuye a la literatura aportando la adaptación a preescolares de un test que permite evaluar la capacidad cardiorrespiratoria a estas edades tempranas, el test de 20m de ida y vuelta PREFIT. Nuestros resultados sugieren que el test es máximo y fiable en este grupo de edad. Futuros estudios de intervención o longitudinales que utilicen este test deberían considerar que cambios en el rendimiento final del test de 2 vueltas podrían ser debidos a la propia variabilidad de la medida, mientras que cambios de mayor magnitud podrán ser atribuibles a la intervención o cambios asociados a la edad.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de los colegios Dulce Nombre de María PP. Escolapios y Santo Tomás de Villanueva (Agustinos Recoletos) de Granada que han hecho posible este estudio. También agradecemos a los alumnos, padres y profesorado por su participación voluntaria y colaboración desinteresada en este estudio.

El presente estudio tiene lugar gracias a los recursos materiales procedentes del MINECO (RYC-2011-09011). Francisco B. Ortega y Jonatan R. Ruiz están financiados por becas del MINECO (RYC-2011-09011 y RYC-2010-05957, respectivamente). Manuel Herrador-Colmenero está financiado por la Universidad de Granada.

Anexo

Descripción completa del protocolo del test de 20 de ida y vuelta PREFIT

Propósito

Medir la capacidad cardiorrespiratoria.

Relación con salud

Niveles altos de capacidad cardiorrespiratoria durante la niñez y la adolescencia están asociados con una salud cardiovascular actual y futura más saludable.

Material

Un gimnasio o un espacio lo suficientemente grande para marcar una distancia de 20 metros, 4 conos, cinta métrica, CD con el protocolo del test y un reproductor de CD.

Ejecución

Descripción: El niño/a se desplazará de una línea a otra situadas a 20 metros de distancia y haciendo el cambio de sentido al ritmo indicado por una señal sonora que irá acelerándose progresivamente. Se recomienda que al menos un examinador realice la prueba con los niños. Idealmente, el test requiere de 2 personas corriendo con los niños, uno por delante y otro por detrás de ellos, formando una franja imaginaria en movimiento que les ayuda a mantener la velocidad adecuada. La velocidad inicial de la señal es de 6,5 km/h, y se incrementará en 0,5 km/h por minuto (1 minuto es igual a 1 palier/estadío). La prueba terminará cuando el niño/a no sea capaz de llegar por segunda vez consecutiva a una de las líneas con la señal de audio. De lo contrario, la prueba terminará cuando el niño se detiene debido a la fatiga.

Instrucciones para el evaluado: Este test consiste en ir y volver corriendo. La velocidad será controlada por medio de un CD que emite sonidos. Adecuarás tu ritmo al ritmo de los examinadores con el fin de estar en uno de los extremos de la pista cuando el reproductor emita un sonido. Tocarás la línea al final de la pista con el pie y correrás en la dirección opuesta. Al principio, la velocidad será baja, pero se incrementará lentamente y de manera constante cada minuto. Tu objetivo en la prueba será seguir el ritmo marcado el mayor tiempo que te sea posible. Por lo tanto, deberás detenerte cuando el examinador te lo diga o no puedas mantener el ritmo establecido.

Práctica y número de ensayos: Esta prueba se realizará una vez.

Medida

Seleccione el sitio de prueba, preferentemente que sea un gimnasio de 25 m de largo o más. Permita un espacio de al menos un metro en cada extremo de la pista. Cuanto más amplia sea la superficie utilizada, mayor el número de niños que podrán realizar si-

multáneamente la prueba: se recomienda un metro para cada niño/a. La superficie deberá ser uniforme, aunque el material del que está hecho no es especialmente importante. Los dos extremos de la pista de 20 metros deberán estar claramente marcados (conos).

Compruebe el funcionamiento y el sonido del reproductor de CD. Asegúrese de que el dispositivo es lo suficientemente potente como para evaluar a un grupo. Escuche el contenido del CD. Anote los números del contador de tiempo del reproductor de CD con el fin de poder localizar las secciones clave de la pista rápidamente.

Puntuación

Una vez que el niño/a se detiene, un examinador externo registrará el número de vueltas completadas. A posteriori, la conversión del número de vueltas a estadíos se puede realizar observando la tabla S3.

Ejemplo: una puntuación de 5 vueltas correspondería al estadío 1. Si es necesario una mayor precisión (por ejemplo, estudios de intervención con el objetivo de detectar pequeños cambios), se recomienda registrar el número de vueltas alcanzadas en la prueba, en lugar de estadíos completados.

Tabla SI
Test, retest y media de las diferencias de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada (FCmáx) en el test de 20m de ida y vuelta PREFIT (N=100)

FCmáx		*Test*	*Retest*	r_c	*Media de las diferencias (Retest- Test)*	*P de la diferencia*
Todos		199,4 ± 12,5	197,3 ± 12,5	0,315	0,77 ± 13,3	0,755
Sexo	Niñas	199,4 ± 12,8	198,6 ± 12,6	0,390	0,14 ± 13,5	0,602
	Niños	199,4 ± 10,7	196,5 ± 12,8	0,243	1,46 ± 13,3	
Edad	3 años	194,7 ± 11,0	193,2 ± 12,7	0,217	1,05 ± 12,8	0,892
	4 años	200,8 ± 8,8	198,2 ± 10,3	0,128	0,00 ± 12,8	
	5 años	200,7 ± 12,9	198,1 ± 13,0	0,360	1,02 ± 13,9	

Los datos mostrados son media ± DT. r_c = Coeficiente de correlación de concordancia de Lin.
Análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías, teniendo como factor fijo el sexo y la edad y como variables dependientes la media de las diferencias en función de la FCmáx. Observando el nivel de significación de la intercepción de este modelo ANOVA, podemos saber si la diferencia entre test y retest es significativamente diferente de cero para la muestra completa. Para testar si la fiabilidad varía por grupos de sexo y de edad (3, 4 y 5 años) usamos un constraste polinómico de tendencia lineal.

Tabla SII
Comparación del Test de 20m de ida y vuelta versus al Test de 20m de ida y vuelta PREFIT

	Test de 20m de ida y vuelta	*Test de 20m de ida y vuelta PREFIT*
Creación del test	Léger et al. (1988)	Grupo PROFITH (2014)
Edad participantes	A partir de 6 años	3, 4 y 5 años (Educación infantil)
Velocidad inicial	8,5 km/h	6,5 km/h
Incrementos de velocidad por minuto	0,5 km/h	0,5 km/h
Grupos de participantes	-En niños de más de 6 años se puede realizar el test con grupos de más de 10 personas.	-En 3 años, se recomienda realizar el test en grupos de 4-5 personas. -En niños de 4 y 5 años realizar el test con grupos de 4-8 personas.
Finalización del test	-No llega a la línea a tiempo dos veces consecutivas. -Se detiene debido a la fatiga.	-A juicio del examinador no llega a la línea a tiempo dos veces consecutivas. -Se detiene debido a la fatiga.
Examinadores	Ningún examinador correrá con los participantes.	Dos examinadores correrán con los participantes.
Puntuación	Se registra el último medio estadío completado.	Se registra el número de vueltas completadas.

Tabla SIII
Velocidad de carrera (km/h) y número de vueltas por cada estadío en la adaptación del test de 20m de ida y vuelta PREFIT

Número de Estadío	*Velocidad (km/h)*	*Nº de vueltas*	*Nº de vueltas totales*
0,5	6,5	3	3
1	6,5	2	5
1,5	7,0	3	8
2	7,0	3	11
2,5	7,5	3	14
3	7,5	3	17
3,5	8,0	3	20
4	8,0	4	24
4,5	8,5	3	27
5	8,5	4	31
5,5	9,0	4	35
6	9,0	4	39
6,5	9,5	4	43
7	9,5	4	47
7,5	10,0	4	51
8	10,0	4	55
8,5	10,5	4	59
9	10,5	5	64
9,5	11,0	4	68
10	11,0	5	73
10,5	11,5	5	78
11	11,5	5	83
11,5	12,0	5	88
12	12,0	5	93
12,5	12,5	5	98
13	12,5	5	103

Referencias

1. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International journal of obesity* (2005) 2008; 32(1): 1-11.
2. Ruiz JR, Castro-Pinero J, Artero EG, et al. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *British journal of sports medicine* 2009; 43(12): 909-23.
3. Ortega FB, Labayen I, Ruiz JR, et al. Improvements in fitness reduce the risk of becoming overweight across puberty. *Medicine and science in sports and exercise* 2011; 43(10): 1891-7.
4. Hogstrom G, Nordstrom A, Nordstrom P. High aerobic fitness in late adolescence is associated with a reduced risk of myocardial infarction later in life: a nationwide cohort study in men. *European heart journal* 2014.
5. Ortega FB, Ruiz JR, Hurtig-Wennlof A, Sjostrom M. [Physically active adolescents are more likely to have a healthier cardiovascular fitness level independently of their adiposity status. The European youth heart study]. *Revista espanola de cardiologia* 2008; 61(2): 123-9.
6. Castro-Pinero J, Padilla-Moledo C, Ortega FB, Moliner-Urdiales D, Keating X, Ruiz JR. Cardiorespiratory fitness and fatness are associated with health complaints and health risk behaviors in youth. *Journal of physical activity & health* 2012; 9(5): 642-9.
7. Ruiz JR, Castro-Pinero J, Espana-Romero V, et al. Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British journal of sports medicine* 2011; 45(6): 518-24.
8. Castro-Pinero J, Artero EG, Espana-Romero V, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *British journal of sports medicine* 2010; 44(13): 934-43.
9. Artero EG, Espana-Romero V, Castro-Pinero J, et al. Reliability of field-based fitness tests in youth. *International journal of sports medicine* 2011; 32(3): 159-69.
10. Ruiz JR, Espana Romero V, Castro Pinero J, et al. [ALPHA-fitness test battery: health-related field-based fitness tests assessment in children and adolescents]. *Nutr Hosp* 2011; 26(6): 1210-4.
11. Benefice E, Fouere T, Malina RM. Early nutritional history and motor performance of Senegalese children, 4-6 years of age. *Annals of human biology* 1999; 26(5): 443-55.

12. Oja L, Jürimäe T. Assessment of motor ability of 4- and 5-year-old children. *American Journal of Human Biology* 1997; 9(5): 659-64.
13. Niederer I, Kriemler S, Zahner L, et al. BMI group-related differences in physical fitness and physical activity in preschool-age children: a cross-sectional analysis. *Research quarterly for exercise and sport* 2012; 83(1): 12-9.
14. Reeves L, Broeder CE, Kennedy-Honeycutt L, East C, Matney L. Relationship of fitness and gross motor skills for five- to six-yr.-old children. *Perceptual and motor skills* 1999; 89(3 Pt 1): 739-47.
15. Rikli RE, Petray C, Baumgartner TA. The reliability of distance run tests for children in grades K-4. *Research quarterly for exercise and sport* 1992; 63(3): 270-6.
16. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences* 1988; 6(2): 93-101.
17. Olds T, Tomkinson G, Leger L, 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. *Journal of sports sciences* 2006; 24(10): 1025-38.
18. Mahon AD, Marjerrison AD, Lee JD, Woodruff ME, Hanna LE. Evaluating the prediction of maximal heart rate in children and adolescents. *Research quarterly for exercise and sport* 2010; 81(4): 466-71.
19. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1(8476): 307-10.
20. Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics* 1989; 45(1): 255-68.
21. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, et al. Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *British journal of sports medicine* 2011; 45(1): 20-9.
22. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med* 1998; 26( ): 217-38.
23. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, et al. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *International journal of obesity (2005)* 2008; 32 Suppl 5: S49-57.