

Monograph

# Un Test de Carrera Intermitente para Estimar el Máximo Consumo de Oxígeno: El Test de Andersen

Lars Bo Andersen, T E Andersen, E Andersen y A A Anderssen

*Department of Sport Medicine, Norwegian School of Sport Sciences, Oslo, Noruega.*

## RESUMEN

**Objetivo:** La monitorización de la talla y el peso en niños escolares ha sido discutida como medio para obtener datos de tendencias de obesidad. La aptitud física puede ser igual de importante como parámetro de monitorización y de este modo, la disponibilidad de un test simple y confiable puede ser importante. El objetivo de este estudio, fue analizar la asociación entre el  $VO_2$  máx. medido durante un trabajo máximo en cinta rodante y correr una distancia en un test de carrera intermitente. **Métodos:** Tres grupos diferentes realizaron un test de carrera intermitente. El  $VO_2$  máx. fue medido de forma directa durante una carrera en cinta rodante. Los grupos estuvieron constituidos por 27 estudiantes de educación física (edad de 20,0-27,0 años), 57 niños (edad 9,9-11,0 años) y 14 jugadores de fútbol de elite (edad 14,2-15,0 años). **Resultados:** La reproducibilidad del test de Andersen fue buena ( $r=0,84$ ). Los sujetos corrieron 15 m (DS= 61 m) más la segunda vez, pero esta diferencia no fue significativa ( $p=0,102$ ). La asociación entre la distancia de carrera en el test de Andersen y el  $VO_2$  máx. medido en la cinta rodante mostró un coeficiente de correlación de 0,87 en los estudiantes universitarios, de 0,68 en los niños y de 0,60 en los jugadores de fútbol. Para todo el grupo, la ecuación obtenida fue la siguiente:  $VO_2 \text{ máx.} = 18,38 + (0,03301 \cdot \text{distancia}) - (5,92 \cdot \text{sexo})$  (varones=0, mujeres=1) ( $r=0,84$ ). **Conclusión:** El test puede proporcionarles a los maestros y profesionales del cuidado de la salud una herramienta para estimar la aptitud física en niños y adolescentes de un modo rápido, barato y confiable.

**Palabras Clave:** aptitud física, test de ejercicio, consumo de oxígeno

## INTRODUCCION

Las autoridades sanitarias son cada vez más concientes de los problemas relacionados a la inactividad física y a la baja aptitud física en los niños. La obesidad epidémica ha planteado una duda en relación a la monitorización de la talla y el peso en la población con el objetivo de estudiar las tendencias en obesidad. Muchos de los problemas relacionados a la obesidad son similares a los problemas asociados a una baja aptitud física. Sin embargo, la obesidad es fácil de reconocer y así han sido desarrolladas herramientas de fácil uso para medirla en grupos de diferentes edades [1]. Una herramienta de fácil uso similar, para la valoración de la aptitud física tendría una gran importancia práctica. El test podría ser usado para monitorear tendencias en la población y como una herramienta de control.

A mediados de los 80', nosotros concluimos un estudio donde la aptitud física fue valorada en 12000 estudiantes de escuela secundaria. Fueron usados diferentes test de campo para valorar la fuerza, flexibilidad, y resistencia muscular [2, 3]. Para la estimación de la aptitud cardiorrespiratoria, usamos un test submáximo en bicicleta ergométrica y calculamos el máximo

consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$  máx.) a partir del nomograma de Astrand [4]. Fue invertida mucha energía para valorar a los estudiantes, y los estudios de validación mostraron una reproducibilidad pobre y una subestimación substancial del  $\text{VO}_2$  máx. [5]. De hecho, la masa corporal estuvo más estrechamente asociada al máximo consumo de oxígeno que el  $\text{VO}_2$  máx. estimado a partir del test submáximo en bicicleta ergométrica. Los sujetos fueron evaluados en las escuelas y en muchas escuelas solo había disponible una bicicleta ergométrica. De este modo, decidimos realizar un test de campo que: a) fuera más confiable, b) demandara menos tiempo a los maestros, c) fuera fácil para los estudiantes, d) fácil para organizar para los maestros. Desarrollamos un test de carrera intermitente, en donde cerca de 10 sujetos podrían ser evaluados simultáneamente en un salón común. El test tiene la ventaja que les da a los sujetos la posibilidad de ajustar su velocidad durante el test antes de que sea demasiado tarde para ser capaz de correr una distancia óptima. Para el tiempo en el cual el test fue desarrollado, no conocíamos el test de carrera de ir y volver publicado por Legér y Lambert [6], pero el presente test tiene la ventaja que el administrador de la prueba solo necesita un reloj para controlar el test. En la actualidad, más de 100000 adolescentes de escuela secundaria han sido evaluados con este test por profesores de educación física en Dinamarca, y hay una necesidad de proporcionar una ecuación de regresión para convertir los resultados del test en  $\text{VO}_2$  máx.

El objetivo del presente estudio fue analizar la asociación entre el  $\text{VO}_2$  máx. medido durante el trabajo máximo en una cinta rodante y la distancia recorrida en un test de carrera intermitente.

Seleccionamos diferentes grupos objetivo, incluyendo a estudiantes universitarios (grupo 1), niños (grupo 2), y jugadores de fútbol adolescentes de elite (grupo 3), con el objetivo de validar si el test era más confiable en alguno de los grupos respecto a los otros y si el resultado del test dependía de la edad.

## MÉTODOS

---

Tres grupos de sujetos participaron del presente estudio. El grupo 1 estuvo constituido por estudiantes de educación física de la Universidad de Copenhagen, 15 mujeres y 12 hombres, de 22 años de edad (intervalo 20,0-27,0 años), fueron evaluados cuando el test fue desarrollado en 1984. El nivel de aptitud física estuvo entre 44 y 66  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ .

Recientemente, a estos datos se les adicionaron los de una muestra representativa de 29 niños y 28 niñas de 10,4 años (intervalo de 9,9-11 años) de edad, de Sogndal, en Noruega (grupo 2). El intervalo de aptitud física en este grupo fue de 30-74  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . El grupo 3 estuvo constituido por un equipo de jugadores de fútbol de elite, 14 varones de 14,7 años de edad (intervalo de 14,2-15,0 años) de Oslo. Este grupo fue más homogéneo respecto al nivel de aptitud física con un intervalo de 54-69  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ .

Los sujetos adultos fueron evaluados antes de que existiera el comité ético, pero este comité aprobó las pruebas físicas en los niños, y fue obtenido un consentimiento informado de los niños y sus padres.

### Protocolo del Test

Dos líneas paralelas separadas por 20 m fueron dibujadas en el piso del salón de un gimnasio. Se informó a los participantes acerca de los procedimientos y ellos realizaron una entrada en calor de 10 min antes del test. Los sujetos corrían de una línea a la otra, en donde tenían que tocar el suelo por detrás de la línea con una mano, darse vuelta y correr hacia la línea desde la que salieron. Después de 15 s, el administrador del test toca un silbato y los sujetos se detienen tan rápido como sea posible (aproximadamente 2 pasos) y descansan por los siguientes 15 s. Este procedimiento continúa durante 10 min. Los sujetos corren tan rápido como les sea posible, con el objetivo de cubrir la mayor distancia posible durante la carrera de 10 min del test, y esta distancia es el resultado del test. No hubo ningún aliento verbal. Los participantes fueron divididos de a pares y uno de ellos corría, mientras que el otro contaba las vueltas.

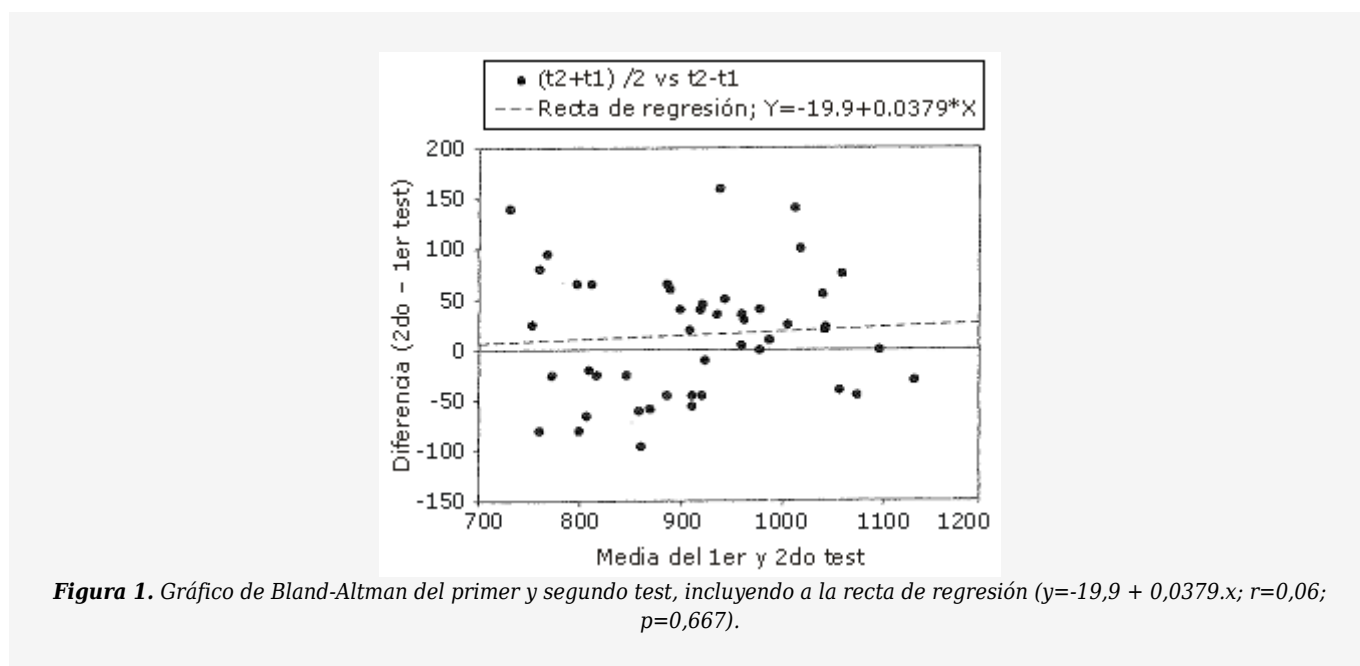
Después de unos pocos días de descanso, el  $\text{VO}_2$  máx. fue medido en forma directa durante un test progresivo en cinta rodante. Los sujetos entraron en calor 5 min a una velocidad correspondiente a aproximadamente el 70% del  $\text{VO}_2$  máx., valorado a partir de una frecuencia cardiaca de aproximadamente 160  $\text{lat.min}^{-1}$ . La pendiente era luego incrementada en un 3% cada 2 min hasta el agotamiento. Los gases espirados fueron muestreados de forma continua. En los adultos, los gases fueron recolectados en bolsas de Douglas y los volúmenes fueron medidos con un espirómetro Tissot, el oxígeno fue analizado con un analizador Servomex y el  $\text{CO}_2$  con un analizador LB-Beckman. En los niños más pequeños, el consumo de oxígeno fue medido con un sistema *on-line* Metamax, y en los jugadores de fútbol el  $\text{VO}_2$  fue medido usando un clip para la nariz y una boquilla (Hans Rudolph, válvula de una vía) conectada a un analizador automático de intercambio de gases (Oxycon Champion, Jaeger). La talla y el peso fueron medidos con un estadiómetro Harpenden y una balanza electrónica Seca 882, respectivamente.

## Análisis Estadísticos

Para los análisis estadísticos fue utilizada la versión 15 del *software* SPSS. La interacción entre la edad y la distancia de carrera y entre el sexo y la distancia de carrera no fue significativa, y de este modo el análisis de regresión con la aptitud física como variable dependiente y la distancia de carrera como variable independiente, fue realizado con ajustes para el sexo y la edad [7].

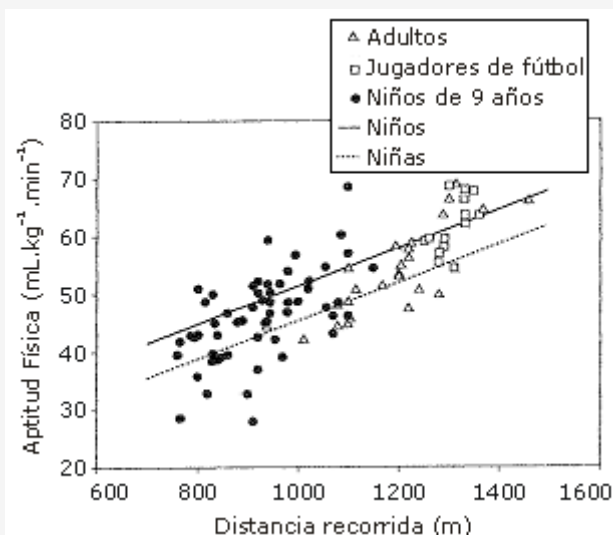
## RESULTADOS

La reproducibilidad de la distancia cubierta durante el test de Andersen fue medida en 47 sujetos del grupo de 10 años de edad. Fue encontrada una correlación de  $r=0,84$  entre la distancia de carrera en el primer y segundo test, y los sujetos corrieron 15 m (desvío estándar de 61 m) más, la segunda vez ( $p=0,102$ ). No hubo ninguna asociación entre la diferencia y la distancia corrida absoluta en los dos test ( $r=0,06$ ;  $p=0,667$ ) (Figura 1).



**Figura 1.** Gráfico de Bland-Altman del primer y segundo test, incluyendo a la recta de regresión ( $y = -19,9 + 0,0379 \cdot x$ ;  $r = 0,06$ ;  $p = 0,667$ ).

Los tres grupos fueron primero analizados por separado para descubrir si la asociación entre la distancia de carrera y el  $VO_2$  máx. ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) diferían entre los grupos. La distancia recorrida estuvo muy relacionada a la aptitud física en el grupo de mayor edad con un coeficiente de correlación de 0,87. Fue encontrada la siguiente ecuación:  $VO_2 \text{ máx.} = 9,59 + 0,040 \cdot \text{distancia (m)} - 5,49 \cdot \text{sexo}$  (varones=0; mujeres=1). En los jugadores de fútbol fue encontrado un coeficiente de correlación de 0,60:  $VO_2 \text{ máx.} = -50,1 + 0,086 \cdot \text{distancia (m)}$ . En el grupo de menor edad (9 años), fue encontrado un coeficiente de correlación de 0,68:  $VO_2 \text{ máx.} = 18,17 + 0,03301 \cdot \text{distancia (m)} - 5,53 \cdot \text{sexo}$  (varones=0; mujeres=1). La pendiente parece ser más alta entre los jugadores de fútbol, pero la diferencia en la pendiente entre los grupos no alcanzó significancia.



**Figura 2.** Gráfico de puntos del nivel de aptitud física y la distancia de carrera en los tres estudios. Rectas de regresión:  $VO_2 \text{ máx.} = 18,38 + 0,03301 \cdot \text{distancia (m)} - 5,92 \cdot \text{sexo}$  (varones=0, mujeres=1) ( $r=0,84$ ).

Finalmente, fue realizada una recta de regresión para toda la muestra, con el  $VO_2 \text{ máx.}$  como variable dependiente, y el sexo, la edad y la distancia cubierta como variables independientes. La edad no alcanzó significancia y de este modo calculamos una sola ecuación de estimación para la estimación de la aptitud física ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), que solo incluía a la distancia recorrida y al sexo (Figura 2). El valor del  $r$  total fue de 0,84 y los valores parciales de  $r$  para la distancia recorrida y el sexo fueron de 0,75 y -0,45, respectivamente:

$$VO_2 \text{ máx.} = 18,38 + 0,033 \cdot \text{distancia} - 5,92 \cdot \text{sexo} \text{ (varones=0; mujeres=1)}.$$

## DISCUSION

El objetivo de este estudio fue validar un test simple para la estimación del  $VO_2 \text{ máx.}$  El test ha sido usado por años por los maestros de escuela secundaria en Dinamarca, y tiene algunas ventajas en comparación con otros métodos indirectos para valorar el  $VO_2 \text{ máx.}$  Es un test intermitente, lo cual hace posible que el corredor inexperienced ajuste la velocidad antes de que se encuentre muy cansado.

En segundo lugar, los maestros no necesitan equipamiento especial para realizar el test. Además, aproximadamente 10 sujetos pueden ser evaluados al mismo tiempo en un salón de un gimnasio común.

Finalmente, a las personas jóvenes parece gustarles el test, y aunque el test sea máximo, el tipo de trabajo intermitente y el conocimiento de cuando termina puede motivarlos. Teniendo en cuenta que la motivación es una parte importante para obtener resultados confiables cuando se realizan pruebas físicas, esta es considerada una ventaja principal.

Los resultados del test mostraron que la distancia cubierta durante los 10 minutos de carrera intermitente fue altamente reproducible ( $r=0,84$ ). La asociación con el  $VO_2 \text{ máx.}$  medido en forma directa fue similar a la de otros procedimientos basados en test máximos. La asociación fue más alta en los adultos jóvenes, pero aun en los niños de 9 años de edad, se obtuvieron resultados razonables. La menor asociación en los jugadores de fútbol podría haberse debido a un intervalo más pequeño en la aptitud física, y una posible explicación para el bajo valor del  $r$  en el grupo de menor edad podría ser la gran variabilidad en la eficiencia del trabajo, ya que la distancia cubierta fue altamente reproducible. En comparación con protocolos máximos en bicicleta ergométrica, tales como el test de vatios máximos (*wattmax test*) [8], pueden ser evaluados muchos más sujetos simultáneamente, pero la asociación al  $VO_2 \text{ máx.}$  es un poco menor. Una explicación podría ser una mayor variabilidad en la eficiencia de trabajo durante la carrera en comparación con el ciclismo, debido a que la reproducibilidad de los resultados de los tests es tan buena en este test basado en la carrera como en el test de vatios máximos. El test de carrera de ir y volver publicado por Legér mostró resultados similares a los del presente test [6, 9]. El mismo número de niños puede ser evaluado simultáneamente en el test de ir y volver, sin embargo, los maestros necesitan

un radiograbador o una computadora para establecer la velocidad durante el test. De acuerdo a los reportes subjetivos de los niños, ellos declararon que el agotamiento percibido es mayor en el test de carrera de ir y volver de Legér que en el presente test (datos no reportados), pero la validez de los resultados es comparable. Sin embargo, creemos que el test de Andersen podría ser un test de campo alternativo, bueno y válido cuando se valora la aptitud física.

Nosotros anticipamos que los adolescentes que participan en deportes con mucho trabajo intermitente, tal como el fútbol, rendirían mejor que lo esperado a partir del  $\text{VO}_2$  máx. en el test de Andersen. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre estos sujetos y los otros grupos. Esperábamos que los niños de menor edad tuvieran menor eficiencia de trabajo y de este modo corrieran menos para el mismo  $\text{VO}_2$  máx. en comparación con los sujetos de mayor edad. Sin embargo, la edad no alcanzó significancia en la regresión. Las pruebas físicas intermitentes de campo más específicas (tests Yo-Yo) para estudiar cambios en el rendimiento en el ejercicio intermitente en jugadores de fútbol, presentan alta reproducibilidad y sensibilidad en relación al rendimiento en el partido [10]. Estas pruebas físicas pueden ser más adecuadas, cuando se evalúa a atletas de alto nivel en deportes de naturaleza intermitente.

## Conclusión

Este estudio de validación puede proporcionarles a los maestros y profesionales del cuidado de la salud, una herramienta importante para estimar la aptitud física en niños, de forma similar a monitorear el índice de masa corporal. El acceso a *internet* hace posible recolectar datos de escuelas de un modo sencillo, y una prueba física confiable, en donde no es necesario ningún equipo especial, hace posible monitorear cambios a través del tiempo en la aptitud física en niños de edad escolar.

## Dirección para el Envío de Correspondencia

L. B. Andersen, Department of Sport Medicine, Norwegian School of Sport Sciences, Sognsveinen 220, Box 4014, Ullevaal Stadion, 0806 Oslo, Norway, e-mail: lars.bo.andersen@nih.no

## Agradecimientos

Un agradecimiento especial para G. K. Resaland por todo este trabajo en relación a la recolección de datos en niños.

## REFERENCIAS

1. Cole T. J., Bellizzi M. C., Regal K. M., Dietz W. H (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Br Med J*, 320: 1240-3
2. Andersen L. B (1994). Blood pressure, physical fitness and physical activity in 17-year-old Danish adolescents. *J Int Med*, 236: 323-30
3. Andersen L. B., Wedderkopp N., Leboeuf-Yde C (2006). Association between back pain and physical fitness in adolescents. *Spine* 31: 1740-4
4. Astrand I (1960). Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand*, 49 (Suppl I69): 1-88
5. Andersen L. B., Henckel P., Saidn B (1987). Maximal oxygen uptake in Danish adolescents 16-19 years of age. *Eur J Appl Physiol* 56: 74-82
6. Bland J. M., Altman D. G (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1; 307-10
7. Andersen L. B (1995). A maximal cycle exercise protocol to predict maximal oxygen uptake. *Scand Med Sci Sports*, 5, 143-6
8. Krstrup P., Mohr M., Nybo L., Jensen J. M., Bangsbo J (2006). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 38: 1666-73

## Cita Original

Andersen L. B., T-E. Andersen, E. Andersen, y A. A. Anderssen. An intermittent running test to estimate maximal oxygen uptake: the Andersen test. *J Sports Med Phys Fitness*; 48: 434-437, 2008.