

# Optimización de la capacidad de realización de ejercicio físico mediante una prueba de la lanzadera por tramos con estimulación auditiva continua en pacientes con EPOC

Fernanda Warken Rosa, Aquiles Assungão Camelier, Anamaria Fleig Mayer y José Roberto Jardim

División Pulmonar/Centro de Rehabilitación. Universidad Federal de São Paulo. São Paulo. Brasil.  
Estudio financiado parcialmente por CAPES, CNPq y FAPESP (Brasil).

**OBJETIVO:** Se ha desarrollado una prueba de lanzadera por tramos (SWT, de *shuttle walk test*) con estimulación auditiva continua (SWTp, *paced shuttle walk test*) para comprobar la hipótesis de que es posible que los pacientes consigan una velocidad y un ritmo mejores mediante la aplicación de un estímulo sonoro, de seguimiento más fácil por ellos y correspondiente a cada paso que realizan en la prueba. El objetivo de este estudio ha sido evaluar la reproducibilidad de la SWTp y comparar el rendimiento de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en la SWT con estimulación sonora convencional y en la SWTp con estimulación sonora óptima.

**PACIENTES Y MÉTODOS:** Se han evaluado los resultados obtenidos por 24 pacientes con EPOC en la prueba de ejercicio de caminar. Todos los pacientes completaron 2 sesiones de SWTp y una sesión de SWT convencional, tras su distribución aleatoria a los grupos y después de efectuar una sesión inicial de práctica con cada una de las pruebas. Se utilizó un dispositivo portátil para determinar el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) máximo en 6 pacientes.

**RESULTADOS:** El coeficiente de correlación intraclass (alfa de Cronbach) fue de 0,95 para la STWp. El coeficiente de correlación de Pearson entre la distancia recorrida en la prueba y el  $VO_2$  máximo respecto a la SWTp fue de 0,86 ( $p < 0,02$ ). Se consiguió un rendimiento mejor durante la SWTp ( $VO_2$  máximo de 3,30 ml/kg/min,  $p < 0,01$ ; distancia recorrida de 32 m,  $p < 0,001$ ), en comparación con la SWT convencional. La SWTp se acompañó de una reproducibilidad excelente.

**CONCLUSIONES:** Los pacientes con EPOC pueden alcanzar un rendimiento mayor con el estímulo auditivo proporcionado en la SWTp que con el correspondiente a la SWT.

**Palabras clave:** Enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Prueba de esfuerzo. Actividad física. Reproducibilidad. Rehabilitación.

## Optimizing Exercise Performance With a Continuously Paced Shuttle Walk Test for Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease

**BACKGROUND:** A continuously paced shuttle walk test (SWTp) was developed to test the hypothesis that speed and rhythm could be more optimally imposed by an easier-to-follow sound stimulus at every step. The objective of this study was to assess the reproducibility of the SWTp and to compare the performance of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) on the conventional and optimally paced forms of the test.

**PATIENTS AND METHODS:** The walk test results of 24 COPD patients were studied. All patients completed 2 SWTp sessions and a conventional SWT in random order, after an initial practice test for each. A portable device was used to measure peak oxygen uptake ( $VO_2$ ) in 6 patients.

**RESULTS:** The intraclass correlation coefficient (Cronbach's  $\alpha$ ) was 0.95 for the STWp. The Pearson correlation coefficient between distance walked and peak  $VO_2$  in the SWTp was 0.86 ( $P < .02$ ). Better performance was achieved during the SWTp (peak  $VO_2$ , 3.30 mL/kg/min;  $P < .01$ ; distance walked, 32 m,  $P < .001$ ) than during the conventional SWT. The SWTp showed excellent reproducibility.

**CONCLUSIONS:** COPD patients can achieve better performance with the stimuli provided in the SWTp than on the SWT.

**Key words:** Pulmonary disease chronic obstructive. Exercise test. Physical activity. Reproducibility. Rehabilitation.

## Introducción

Las pruebas de esfuerzo de carácter incremental o gradual máximo sobre bicicleta fija o sobre cinta rodante, con determinación del consumo de oxígeno máximo

( $VO_2$  máximo), el umbral anaerobio y otros parámetros, pueden utilizarse para evaluar la capacidad funcional y las limitaciones de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), así como la prescripción de ejercicio físico en ellos<sup>1-3</sup>. Sin embargo, la determinación directa de estos parámetros requiere el uso de un equipo de elevado coste económico, así como la participación de personal con gran experiencia<sup>4,5</sup>. Por tanto, se han desarrollado varias pruebas de aplicación sencilla para la evaluación de los pacientes con EPOC,

Correspondencia: Dra. F.W. Rosa.  
Rua Manoel Andrade, 201, Apdo. 401.  
Cond. Pituba Ville, Pituba, Salvador. BA. Brasil.  
Correo electrónico: fwrosa@yahoo.com.br

Recibido: 29-5-2005; aceptado para su publicación: 13-12-2005.

entre ellas la prueba de la marcha simple<sup>6</sup> y la prueba de la lanzadera con aplicación de estimulación auditiva (SWT)<sup>7</sup>.

La SWT, en la que la actividad física principal es la de caminar, es sencilla y reproducible, y no requiere más que una sesión de práctica antes de su realización por parte de los pacientes<sup>7,8</sup>. Se lleva a cabo con la aplicación de un estímulo sonoro externo que indica al paciente cuándo debe cambiar de dirección en un circuito de configuración oval, y de otro estímulo sonoro que le indica cuándo debe aumentar el ritmo al final de una serie de tramos realizados con una velocidad concreta. La SWT se ha utilizado para la evaluación del esfuerzo, para la prescripción del tratamiento y para el entrenamiento del paciente, además de como un parámetro de evolución útil para determinar las intervenciones a realizar en los pacientes con EPOC<sup>7,9-12</sup>. Se ha observado que existe una estrecha relación entre la distancia recorrida en la SWT y el VO<sub>2</sub> máximo ( $r = 0,81$ ) determinado mediante una prueba de esfuerzo convencional sobre cinta rodante ( $r = 0,88$ )<sup>13</sup>, aunque esta relación ha sido ligeramente inferior en las comparaciones que se han efectuado con la prueba de bicicleta fija de grado máximo ( $r = 0,71$ )<sup>3</sup>. También se ha observado una buena relación entre el VO<sub>2</sub> máximo y la distancia recorrida en la SWT por pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva ( $r = 0,83$ )<sup>14,15</sup> o asma ( $r = 0,84$ )<sup>16</sup>, así como por niños con fibrosis quística ( $r = 0,95$ )<sup>17,18</sup>. En los casos en que la SWT se ha utilizado para determinar la respuesta frente a un programa de rehabilitación pulmonar realizado por pacientes con EPOC, el incremento de la distancia recorrida al caminar ha oscilado entre 25 y 88 m<sup>19,20</sup>.

No obstante, el estímulo sonoro externo que se aplica en la SWT puede considerarse su punto débil. En los pacientes que no tienen un buen estado físico puede ser difícil ajustar el ritmo de la marcha para mantener o modificar la velocidad en cada uno de los niveles de la prueba. Por lo que sabemos, todavía no se ha estudiado esta posible influencia del estímulo sonoro externo sobre el rendimiento de los pacientes en la SWT. Con objeto de mejorar la aplicación óptima de esta prueba y potenciar en lo posible su realización por parte de los pacientes, los autores han realizado una modificación del estímulo sonoro con el objetivo de que su aplicación paso a paso permita que el paciente se adapte mejor a la velocidad que debe desarrollar en cada uno de los tramos. Así pues, el objetivo de este estudio ha sido investigar si la SWT modificada, denominada SWT con estimulación sonora óptima (SWTp), puede ser reproducible y eficaz en los pacientes con EPOC, en comparación con la SWT convencional.

## Pacientes y métodos

Del conjunto de pacientes remitidos a nuestra consulta ambulatoria universitaria, se seleccionó a 24 pacientes consecutivos con EPOC diagnosticada según los criterios de la Global Initiative on Obstructive Lung Disease (GOLD)<sup>21</sup>. El tamaño de la muestra proporcionó una potencia del 80% para detectar una diferencia media ( $\pm$  desviación estándar) de  $10 \pm 11$  m<sup>19,20</sup>, asumiendo un error alfa de 0,05. Los criterios necesarios para la participación de los pacientes fueron una presión arterial de

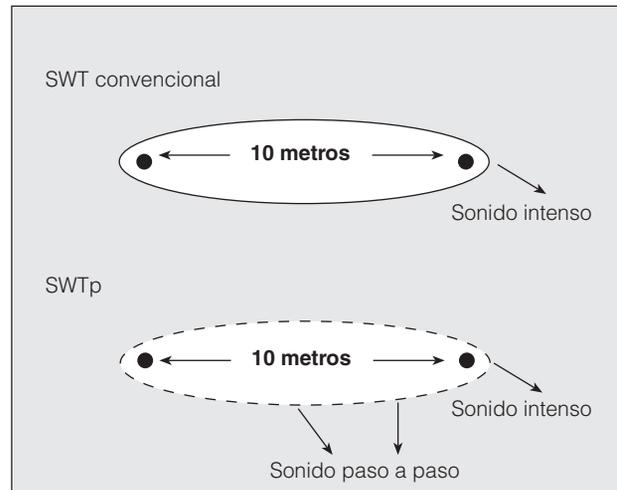


Fig. 1. Estímulos sonoros para las pruebas de lanzadera con estimulación sonora convencional y óptima (SWT y SWTp, respectivamente).

oxígeno de al menos 55 mmHg, una saturación de oxígeno, determinada mediante oximetría de pulso, de al menos el 88% (en reposo y respirando aire ambiente) o ambas; un período de al menos 6 semanas de estabilidad clínica antes del inicio del estudio, y la capacidad para caminar. Se excluyó a los pacientes con una saturación de oxígeno del 80% o inferior durante la realización de ejercicio, con alguna enfermedad inestable concomitante o con cualquier otra contraindicación formal para la realización de las pruebas propuestas. Se realizó una espirometría a todos los pacientes según los criterios de la American Thoracic Society<sup>22</sup>, con uso de un espirómetro KoKo (PDS Instrumentation, Louisville, CO, EE.UU.). Asimismo se efectuó a todos ellos una determinación de la gasometría en sangre arterial. El índice de masa corporal se calculó como el cociente del peso corporal en kilogramos y la estatura en metros al cuadrado.

## Protocolo

La SWT convencional (según el método descrito por Singh et al<sup>7</sup>) y la SWTp (según el método que se describe a continuación) se realizaron el mismo día (en orden aleatorio) con un intervalo mínimo entre ambas de 30 min o bien el tiempo necesario para que las variables cardiovasculares y respiratorias recuperaran sus valores normales. Al día siguiente se realizó una nueva SWTp. En un subgrupo de 6 pacientes elegidos al azar que efectuaron la SWT convencional y la primera SWTp se realizaron mediciones directas del VO<sub>2</sub> máximo, de la producción de anhídrido carbónico, de la ventilación minuto, de la frecuencia cardíaca (FC), del pulso de oxígeno (VO<sub>2</sub>/FC) y de la frecuencia respiratoria mediante un sistema telemétrico portátil (K4b<sup>2</sup>, COSMED, Roma, Italia), con objeto de evaluar las diferencias metabólicas durante las 2 pruebas. También se calculó el producto doble. La disnea y la sensación de esfuerzo en los miembros inferiores se evaluaron tanto en reposo como al final de cada prueba mediante la aplicación de una escala de Borg modificada.

La señal sonora modificada desarrollada para la SWTp consistió en la aplicación de un pitido correspondiente a cada paso dado, además del sonido de tono más alto que indicaba el cambio de dirección al final de cada tramo, después de que el paciente había pasado el cono (fig. 1). Para desarrollar los sonidos de pitido de estimulación que se iba a aplicar en la nueva SWTp, y teniendo en cuenta que la duración de cada paso está influida por la estatura y por la longitud de los

miembros inferiores, se evaluó a 20 voluntarios sanos en 2 grupos definidos por la estatura (un grupo con estatura < 1,60 m y otro con estatura ≥ 1,60 m). Los voluntarios caminaron inicialmente sobre una cinta rodante siguiendo el conjunto convencional de velocidades de la SWT. Los intervalos estandarizados entre los sonidos más intensos indicativos del cambio de tramo en la SWT convencional se dividieron por el número medio de pasos correspondientes a cada nivel de velocidad en ambos grupos. Finalmente se calculó cada intervalo correspondiente a un paso entre los pitidos de la SWT convencional (para el cambio de dirección al final de un tramo). Así, los intervalos para el cambio de tramo y las velocidades fueron los mismos que en la SWT convencional, a pesar de que en la SWTp los pacientes de estaturas distintas oyeron un número diferente de pitidos, correspondiente a los pasos que debían dar (tabla I).

Antes de la realización de cada tipo de prueba, todos los pacientes llevaron a cabo una sesión de práctica con objeto de explicarles las diferencias existentes entre ambas modalidades de estímulo sonoro y de excluir un efecto de aprendizaje en el estudio.

El protocolo fue aprobado por el comité universitario de ética y todos los pacientes otorgaron por escrito su consentimiento informado.

#### Análisis estadístico

Los resultados se muestran en forma de valores medios ± desviación estándar. El coeficiente de correlación intraclase (alfa de Cronbach) se calculó para estimar la reproducibilidad de las pruebas<sup>23</sup>. La prueba de la t de Student para datos emparejados permitió el análisis de las diferencias entre las variables registradas durante los 2 tipos de prueba de lanzadera (SWT y SWTp). Se calculó también el coeficiente de correlación de Pearson (r) para determinar la asociación entre las distancias recorridas por los pacientes en las 2 pruebas. Las pruebas paramétricas se justificaron mediante un análisis de la curtosis o apuntamiento. La variabilidad individual se analizó mediante una gráfica, según el método propuesto por Bland y Altman<sup>24</sup>. El nivel de significación estadística se estableció en un valor de p < 0,05. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa estadístico SPSS, versión 10.

#### Resultados

Los datos demográficos y de la función pulmonar correspondientes a los 24 pacientes con EPOC (17 varones) se muestran en la tabla II. La edad media era de 67,8 ± 7,5 años (rango: 55-84 años) y el índice de masa corporal medio de 24,2 ± 4,2 kg/m<sup>2</sup>. Según los criterios GOLD, la EPOC era de carácter leve (estadio I) en 2 pacientes (8,3%), de intensidad moderada (estadio II) en 7 (29,2%), de intensidad grave (estadio III) en 12 (50%) y de intensidad muy grave (estadio IV) en 3. Dos pacientes (8,3%) presentaban hipercapnia (presión arterial de anhídrido carbónico > 45 mmHg).

No se observaron diferencias significativas entre las distancias recorridas, la FC, la frecuencia respiratoria ni las otras variables determinadas durante las 2 sesiones de SWTp (datos no mostrados). El coeficiente de correlación intraclase (alfa) respecto a la distancia recorrida fue de 0,95 (intervalo de confianza del 95%, 0,89-0,95; p < 0,0001). Con respecto a las demás variables, los coeficientes alfa entre las 2 sesiones de SWTp se muestran en la tabla III.

TABLA I  
Velocidades en las pruebas de la lanzadera con estimulación sonora en los 12 niveles y número de pitidos correspondientes a los pasos en la prueba de estimulación auditiva continua, en función de la estatura de los pacientes

Niveles	Velocidad de la marcha (m/s)	N.º de pitidos (pasos)	
		Estatura < 160 cm	Estatura ≥ 160 cm
1	0,50	27	21
2	0,67	24	20
3	0,84	21	19
4	1,01	20	17
5	1,18	18	16
6	1,35	17	15
7	1,52	16	14
8	1,69	16	14
9	1,86	15	13
10	2,03	15	13
11	2,20	14	12
12	2,37	13	12

TABLA II  
Función pulmonar y otras características de los 24 pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Variables	Media ± DE
Edad (años)	67,8 ± 7,5
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,2 ± 4,2
FVC (%) <sup>*</sup>	80,9 ± 21,0
FEV <sub>1</sub> (%) <sup>*</sup>	48,6 ± 21,0
FEV <sub>1</sub> /CVF (%) <sup>*</sup>	45,6 ± 9,8
VVM (l/min)	48,5 ± 23,4
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	68,1 ± 8,5
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	38,9 ± 4,8
SaO <sub>2</sub> (%)	93,2 ± 2,4
DB	7,5 ± 2,1

IMC: índice de masa corporal; FVC: capacidad vital forzada; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; VVM: ventilación voluntaria máxima; PaO<sub>2</sub>: presión arterial de oxígeno; PaCO<sub>2</sub>: presión arterial de anhídrido carbónico; SaO<sub>2</sub>: saturación de oxígeno en sangre arterial; DB: disnea basal en la escala de Borg modificada. DE: desviación estándar.

<sup>\*</sup>Variables determinadas tras la administración de un broncodilatador.

TABLA III  
Coeficientes de correlación intraclase (alfa de Cronbach) e intervalos de confianza (IC) del 95% de los resultados de rendimiento máximo obtenidos en las 2 sesiones de la prueba de la lanzadera con estimulación auditiva continua

Variable	Alfa	IC del 95%	p
Distancia (m)	0,95	0,89-0,95	< 0,00001
Frecuencia cardíaca (lat/min)	0,94	0,75-0,95	< 0,00001
Frecuencia respiratoria (/min)	0,89	0,60-0,91	< 0,00001
Presión sistólica (mmHg)	0,86	0,50-0,88	< 0,00001
Presión diastólica (mmHg)	0,87	0,54-0,89	< 0,00001
Producto doble	0,93	0,72-0,94	< 0,00001
Saturación de oxígeno <sup>*</sup>	0,98	0,90-0,98	< 0,00001
Disnea, escala de Borg	0,77	0,31-0,82	< 0,00001
Esfuerzo realizado con los miembros inferiores, escala de Borg	0,78	0,33-0,83	< 0,00001

<sup>\*</sup>Determinada en la pulsioximetría.

La distancia media recorrida en las 2 sesiones de SWTp fue significativamente mayor que la recorrida en la sesión de SWT convencional (334,9 m en la primera SWTp, 339,1 m en la segunda y 307,0 m en la SWT

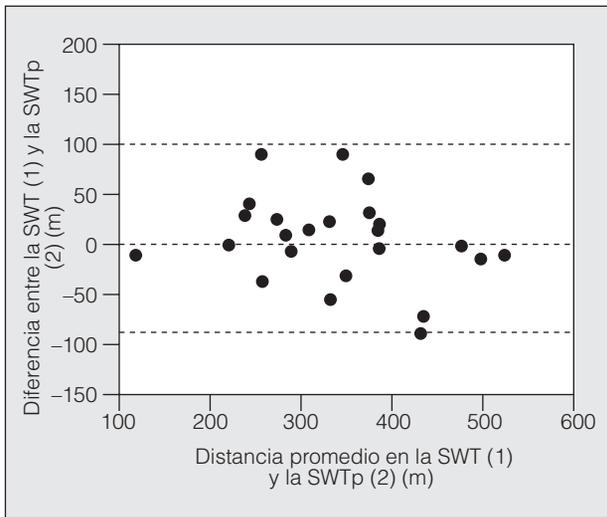


Fig. 2. Variabilidad individual en la distancia recorrida durante la primera y la segunda pruebas de la lanzadera con estimulación sonora óptima (SWTp). SWT: prueba de la lanzadera con estimulación sonora convencional. Las líneas horizontales de puntos corresponden a los valores de la media  $\pm 1,96$  desviaciones estándar:  $4,3 \pm 87,5$ .

convencional;  $p < 0,03$  y  $0,05$ , respectivamente). Las diferencias individuales en la distancia recorrida en ambas sesiones de SWTp, así como en las distancias recorridas en la primera SWTp y la SWT, se muestran en las figuras 2 y 3, respectivamente. Las diferencias medias entre cada una de las 2 sesiones de SWTp, así como entre la SWT convencional y la SWTp, se evaluaron respecto a 4 variables. Entre la primera SWTp y la SWT, las diferencias fueron de  $27,8 \pm 11,9$  m respecto a la distancia recorrida ( $p = 0,03$ ); de  $1,5 \pm 0,3$  respecto a la disnea ( $p = 0,0001$ ); de  $-0,7 \pm 0,5$  respecto a la sensación de esfuerzo realizado por los miembros inferiores ( $p = 0,17$ ), y de  $8,5 \pm 2,2$  lat/min respecto a la FC máxima ( $p = 0,08$ ). Las diferen-

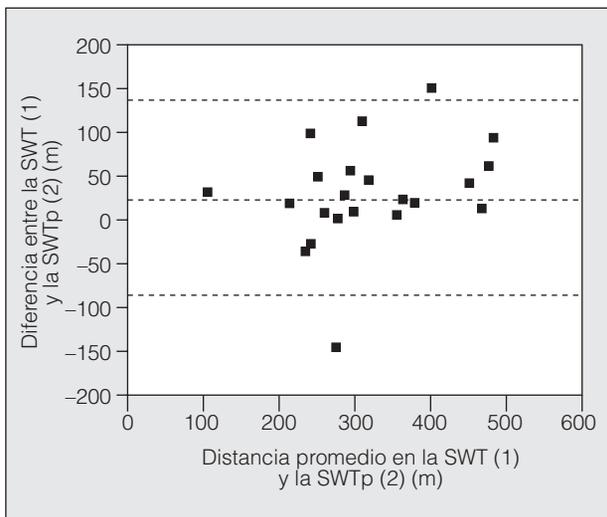


Fig. 3. Variabilidad individual en la distancia recorrida en la prueba de la lanzadera con estimulación sonora convencional (SWT) y la primera prueba de la lanzadera con estimulación sonora óptima (SWTp). Las líneas de puntos horizontales corresponden a los valores de la media  $\pm 1,96$  desviaciones estándar:  $27,8 \pm 113,1$ .

cias medias entre la segunda SWTp y la SWT convencional en lo relativo a estas mismas variables fueron de  $32,2 \pm 10,3$  m respecto de la distancia recorrida ( $p = 0,005$ ); de  $1 \pm 0,4$  respecto de la disnea ( $p = 0,03$ ); de  $0,3 \pm 0,3$  respecto de la sensación de esfuerzo realizado por los miembros inferiores ( $p = 0,4$ ), y de  $6,4 \pm 1,9$  lat/min respecto a la FC máxima ( $p = 0,002$ ).

Las características demográficas y de la función pulmonar del subgrupo de 6 pacientes en los que se comparó el  $VO_2$  máximo entre la SWT y la SWTp no mostraron diferencias en comparación con las observadas en la muestra completa (datos no mostrados). El  $VO_2$  máximo fue significativamente mayor (en  $3,30$  ml/kg/min, o un 14% superior) en la SWTp ( $23,7 \pm 4,9$  ml/kg/min en la SWTp en comparación con  $20,4 \pm 6,9$  ml/kg/min en la SWT convencional;  $p < 0,05$ ). La correlación entre el  $VO_2$  máximo y la distancia recorrida fue muy buena en ambas formas de SWT ( $r = 0,90$ ,  $p < 0,02$ , en la prueba convencional, y  $r = 0,86$ ,  $p < 0,03$  en la SWTp), según se muestra en la figura 4.

## Discusión

La SWT es una de las opciones de menor coste económico para evaluar la limitación al esfuerzo que sufren los pacientes con EPOC<sup>7</sup>. En esta prueba se indica al paciente la modificación de la velocidad a través de un estímulo sonoro: un único pitido señala el momento en que debe alcanzar los conos y cambiar la dirección de la marcha, y un pitido triple le indica la necesidad de aumentar la velocidad al caminar. No obstante, esta información puede ser inadecuada para indicarle qué ritmo debe seguir al caminar. Con objeto de evitar el retraso durante la prueba debido a la dificultad para indicar la velocidad correcta que debe alcanzar el paciente, nuestro grupo ha desarrollado un estímulo sonoro gradual para ayudarle a mantener el ritmo adecuado. En concre-

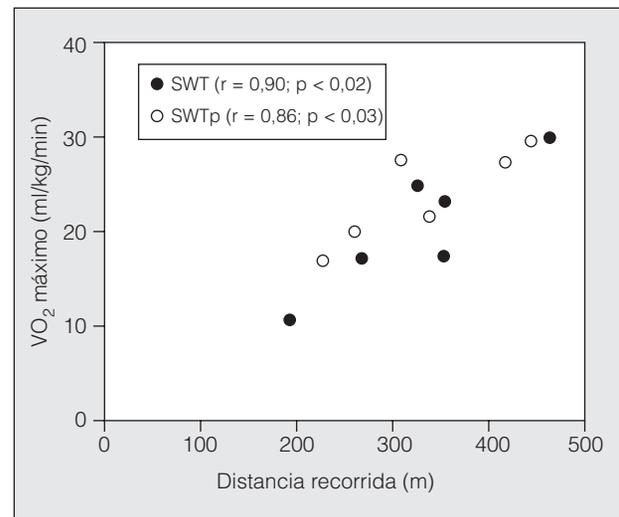


Fig. 4. Correlaciones lineales (Pearson) entre el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) máximo y la distancia recorrida en la prueba de la lanzadera con estimulación sonora convencional (SWT) y la modalidad de SWT con estimulación sonora óptima (SWTp), en 6 pacientes con EPOC.

to, para las velocidades mayores se consideró que la aplicación de un estímulo sonoro por cada paso podría constituir una guía de estimulación sonora más apropiada. A pesar del uso frecuente de la prueba de la marcha de los 6 min en los pacientes con EPOC la SWT es una alternativa que debe tenerse en cuenta; por otra parte, en estos pacientes es importante evaluar todas las posibles alternativas, dando prioridad a las pruebas más baratas y de aplicación más sencilla. La SWT es una de estas pruebas, a pesar de que no se ha utilizado con mucha frecuencia, especialmente en los centros de rehabilitación de América Latina o de la Península Ibérica<sup>25,26</sup>.

La SWT muestra un elevado grado de reproducibilidad y no requiere más que la realización de una sola sesión de práctica de entrenamiento por parte del paciente para aprender a llevarla a cabo<sup>7,8,15,18,27</sup>. Con la SWT se ha demostrado una correlación intraclase muy buena en los pacientes con EPOC (alfa = 0,88)<sup>8</sup> y en los adultos con fibrosis quística (alfa = 0,99)<sup>18</sup>. En nuestro estudio hemos evaluado la reproducibilidad de una nueva versión con aplicación de un estímulo sonoro óptimo, la SWTp, mediante la comparación de 2 sesiones de la prueba en las que se ha aplicado esta nueva modalidad; se ha demostrado un nivel alfa de 0,95. Se ha conseguido una reproducibilidad adecuada en los parámetros cardiovasculares (FC, presiones sistólica y diastólica) y respiratorios (frecuencia respiratoria), así como en lo relativo a la disnea y a la sensación de esfuerzo realizado con los miembros inferiores (escala de Borg), todo lo cual indica que la carga de ejercicio fue similar en ambas pruebas. Según estos resultados, consideramos que es suficiente una única sesión práctica de aprendizaje antes de la SWTp. En nuestra opinión, el aprendizaje de esta prueba se ve facilitado por la aplicación del estímulo sonoro externo que guía los pasos de los pacientes que la realizan.

Las diferencias entre ambas modalidades de prueba con estimulación auditiva se han analizado en nuestro estudio mediante la comparación de los resultados obtenidos en una sesión de SWT y en 2 sesiones de SWTp. Sólo se detectó una diferencia de 4 m entre la primera y la segunda SWTp, pero la diferencia entre la SWT y la SWTp fue de 28-32 m (aproximadamente, 3 tramos), lo que indica la idoneidad del nuevo abordaje propuesto ( $p < 0,01$ ). De hecho, las diferencias observadas en un ensayo clínico aleatorizado para evaluar un programa de rehabilitación pulmonar oscilaron entre 2 y 10 m en el grupo control, un resultado que podría atribuirse al efecto de aprendizaje<sup>27</sup>. Dado que en nuestro estudio se redujo el efecto de aprendizaje al efectuar una prueba de práctica y al aleatorizar el orden de realización de las pruebas, podemos asumir que el incremento medio en la distancia recorrida durante las 2 sesiones de SWTp (30 m), en comparación con la prueba convencional, se debió a la aplicación de un estímulo sonoro modificado que facilitó la guía de cada paso dado por los pacientes. El hecho de que con la SWTp se obtuviera un mejor resultado podría explicarse por el mayor conocimiento que tenían los pacientes sobre la forma en que debían dar los pasos para alcanzar los conos al final de cada tramo, lo que indica una mayor eficiencia mecánica. En

las 2 sesiones de SWTp todos los pacientes completaron el nivel 8 de la prueba, mientras que en la SWT convencional ninguno pudo pasar del nivel 7. Por otra parte, ninguno de los pacientes de ambos grupos alcanzó el nivel máximo (nivel 12), lo que coincide con los resultados obtenidos en los estudios publicados en la bibliografía<sup>7</sup>. En cualquier caso, la diferencia de 30 m en la distancia recorrida entre las 2 pruebas podría considerarse clínicamente no significativa, dado que se ha señalado que la significación clínica comienza a partir de los 45 m<sup>28</sup>. Este dato indica que la SWTp es una alternativa reproducible a otras pruebas de la marcha y que posiblemente exige un poco más de los pacientes, en comparación con la SWT.

La SWT es una prueba de carácter gradual en la que la velocidad se incrementa a intervalos de 1 min<sup>7</sup>. Se ha demostrado que da lugar a un incremento importante de la demanda metabólica y que existe una adecuada correlación positiva entre la distancia recorrida y el VO<sub>2</sub> máximo en los pacientes con EPOC, tanto en los evaluados mediante una prueba de la marcha sobre cinta rodante ( $r = 0,88$ )<sup>13</sup> como en los evaluados mediante una prueba con bicicleta fija ( $r = 0,71$ )<sup>3</sup>. Se ha observado un buen resultado (0,81) de los coeficientes de correlación entre el VO<sub>2</sub> máximo determinado mediante un dispositivo portátil durante la SWT y la distancia recorrida por los pacientes con EPOC<sup>13</sup>. En nuestro estudio, los resultados del análisis del VO<sub>2</sub> máximo durante la SWTp y durante la SWT convencional en 6 pacientes con EPOC (las determinaciones se realizaron con un dispositivo telemétrico portátil de 800 g de peso) demostraron la existencia de una correlación excelente con la distancia recorrida en la SWTp ( $r = 0,86$ ;  $p < 0,03$ ). Este nivel de correlación fue similar al obtenido con la SWT en nuestro estudio ( $r = 0,90$ ;  $p < 0,02$ ) y al comunicado por Singh et al<sup>13</sup> en este mismo tipo de comparación. En promedio, el VO<sub>2</sub> máximo en la SWTp (23,7 ml/kg/min) fue mayor que en la SWT convencional (20,4 ml/kg/min;  $p = 0,01$ ). Éste era un resultado esperado debido a que los pacientes recorrieron una distancia mayor en la SWTp. No obstante, es posible que las buenas correlaciones observadas entre la SWT y las pruebas de esfuerzo graduales de carácter máximo (sobre cinta rodante o sobre bicicleta fija), e incluso las correlaciones mejores que hemos encontrado entre la SWT y la prueba de la marcha de los 6 min, reflejen diferentes aspectos de la adaptación al ejercicio. La prueba de la marcha de los 6 min se utiliza con una gran frecuencia y posiblemente determina un componente funcional de tolerancia o resistencia que no se evalúa con la SWT.

La primera limitación de este estudio es el hecho de que no se recogieron de manera formal las opiniones de los pacientes respecto a si el estímulo sonoro modificado les había ayudado a realizar la prueba. Otra limitación es la falta de comparación entre la SWTp y la prueba de esfuerzo máxima realizada sobre cinta rodante o sobre bicicleta fija. Dichas limitaciones limitan la extrapolación completa de los resultados.

En conclusión, los pacientes con EPOC parecen alcanzar valores ligeramente mayores del VO<sub>2</sub> máximo y de la distancia recorrida cuando se aplica un estímulo

sonoro modificado que guía el ejercicio de caminar en la SWTp, en comparación con la SWT convencional. La SWTp se puede considerar una opción válida para evaluar la capacidad de esfuerzo en los casos en que se considera la realización de una prueba de la marcha en pacientes con EPOC.

## BIBLIOGRAFÍA

- Gallagher CG. Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med.* 1994; 15:305-26.
- Palange P, Carlone S, Forte S, Galassetti P, Serra P. Cardiopulmonary exercise testing in the evaluation of patients with ventilatory vs circulatory causes of reduced exercise tolerance. *Chest.* 1994; 105:1122-6.
- Hernández TEM, Ruiz FO, Guerra JF, Marín JT, Riera HS, Rubio TM. Comparación de un test de paseo de carga progresiva (*shuttle walking test*) como una prueba de esfuerzo en cicloergómetro en pacientes con EPOC. *Arch Bronconeumol.* 1997;33:498-502.
- McCarron RF, Ross J, Rippe JM. Estimation of  $\dot{V}O_{2\max}$  from a one mile track walk, gender, age, and body weight. *Med Sci Spor Exerc.* 1987;19:252-9.
- Cahalin LP, Mathier MA, Semigran MJ, Willian Dec G, Disalvo TG. The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest.* 1996; 110:325-32.
- Montes de Oca M, Balza MO, Lezama J, López JM. Enfermedad pulmonar destructiva crónica. Evaluación de la tolerancia al ejercicio utilizando tres tipos diferentes de pruebas de esfuerzo. *Arch Bronconeumol.* 2001;37:69.
- Singh SJ, Morgan MDL, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax.* 1992;47:1019-24.
- Hernández TEM, Ruiz FO, Guerra JF, Marín JT, Riera HS, Rubio TM. Reproducibilidad de un test de paseo de carga progresiva (*shuttle walking test*) en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Arch Bronconeumol.* 1997;33:64-8.
- Onorati P, Antonucci R, Valli G, Berton E, De Marco F, Serra P, et al. Non-invasive evaluation of gas exchange during a shuttle walking test vs. a 6-min walking test to assess exercise tolerance in COPD patients. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:331-6.
- Bestall JC, Paul EA, Garrod R, Garnham R, Jones RW, Wedzicha AJ. Longitudinal trends in exercise capacity and health status after pulmonary rehabilitation in patients with COPD. *Respir Med.* 2003;97:173-80.
- Aalbers R, Ayres J, Backer V, Decramer M, Lier PA, Magyar P, et al. Formoterol in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized, controlled, 3-month trial. *Eur Respir J.* 2002;19:936-43.
- Hernández MT, Rubio TM, Ruiz FO, Riera HS, Gil RS, Gomez JC. Results of a home-based training program for patients with COPD. *Chest.* 2000;118:106-14.
- Singh SJ, Morgan MDL, Hardman AE, Rowe C, Bardsley PA. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *Eur Respir J.* 1994;7:2016-20.
- Keell SD, Chambers JS, Francis DP, Edwards DF, Stables RH. Shuttle-walk test to assess chronic heart failure. *Lancet.* 1998; 352:705.
- Morales FJ, Martínez A, Méndez M, Agarrado A, Ortega F, Fernández-Guerra J, et al. A shuttle walk test for assessment of functional capacity in chronic heart failure. *Am Heart J.* 1999;138: 291-8.
- Ahmaidi SB, Varray AL, Savy-Pacaux AM, Prefaut CG. Cardio-respiratory fitness evaluation by the shuttle test in asthmatic subjects during aerobic training. *Chest.* 1993;4:1135-41.
- Bradley J, Howard J, Wallace E, Elborn S. Validity of a modified shuttle test in adult cystic fibrosis. *Thorax.* 1999;54:437-9.
- Bradley J, Howard J, Wallace E, Elborn S. Reliability, repeatability, and sensitivity of the modified shuttle test in adult cystic fibrosis. *Chest.* 2000;117:1666.
- Wedzicha JA, Bestall JC, Garrod R, Garnham R, Paul EA, Jones PW. Randomized controlled trial of pulmonary rehabilitation in severe chronic obstructive pulmonary disease patients, stratified with the MRC dyspnoea scale. *Eur Respir J.* 1998;12:363-9.
- Singh SJ, Smith DL, Hyland ME, Morgan MDL. A short outpatient pulmonary rehabilitation programme: immediate and longer term effects on exercise performance and quality of life. *Respir Med.* 1998;92:1146-54.
- Fabbri LM, Hurd SS. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of COPD: 2003 update. *Eur Respir J.* 2003;22:1-26.
- American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis.* 1991;144:1202-18.
- Kelsey JL, Whittemore AS, Evans AS, Thompson WD. Methods in observational epidemiology. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Oxford University Press; 1996.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-10.
- Jardim JR, Camelier AA, Miki D. The Latin American perspective. En: Hodgkin JE, Celli BR, Connors GL, editors. Pulmonary rehabilitation – Guidelines to success. 3<sup>rd</sup> ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
- Tramontini MR, Mayer AF, Cardoso F, Jardim JR. Variabilidad en las condiciones de la prueba de la marcha realizada en el contexto de programas de rehabilitación pulmonar en América Latina y en la Península Ibérica. *Arch Bronconeumol.* 2005;41:667-78.
- Griffiths TL, Burr ML, Campbell IA, Lewis-Jenkins V, Mullins J, Shiels K, et al. Results at 1 year of outpatient multidisciplinary pulmonary rehabilitation: a randomised controlled trial. *Lancet.* 2000;355:362-8.
- Singh SJ, Jones PJ, Sewell L, Williams JE, Morgan MD. What is the minimum clinically important difference in the incremental shuttle walking test (ISWT) observed in pulmonary rehabilitation? *Eur Respir J.* 2002;20 Suppl 38:67S.