

# ANALISIS DE UN TEST DE ESFUERZO PARA ENFERMOS PULMONARES CRONICOS NO ESPECIFICOS

F. GIMENO\*, E. J. STEENHUIS\*, W. CHR. BERG\*  
y N. G. M. ORIE\*\*

Departamento de Enfermedades Pulmonares  
de la Clínica de Medicina Interna de la  
Universidad de Groningen\*\* y de  
«Beatrixoord» Haren Groningen\*. Holanda

## Introducción

Las pruebas de esfuerzo se emplean para estudiar la capacidad de esfuerzo del paciente, y en el caso de estar limitada para analizar el origen de la misma. En general estas pruebas están pensadas para personas, cuya capacidad de esfuerzo no está limitada por procesos patológicos. Una descripción amplia y detallada de las pruebas utilizadas en gran parte de las clínicas especializadas se encuentra en el libro de Astrand y Rodahl<sup>1</sup>. Los enfermos pulmonares con progresiva disminución, en los últimos cinco años del volumen expiratorio forzado en un segundo (FEV<sub>1.0</sub>) hasta valores inferiores al 50 % del valor para ellos considerado como teórico, tienen por el contrario una capacidad de esfuerzo limitada por su afección pulmonar<sup>2,3</sup>. En estos casos la información proporcionada por las pruebas será de difícil interpretación. El valor de las mismas para estudiar el efecto del entrenamiento corporal a largo plazo no ha sido ampliamente estudiado. Los estudios publicados se refieren en general a períodos relativamente cortos<sup>4,6</sup>. Estas consideraciones nos han llevado a investigar una prueba que pueda ser utilizable en enfermos pulmonares con severas limitaciones de su función pulmonar. La reproducción de las medidas, diferencia entre dos determinaciones consecutivas en un mismo sujeto, se ha obtenido en

«normales» y en enfermos con CNSLD (Chronic non specific lung disease), la sensibilidad de la prueba se ha investigado comparando los resultados antes y después de un plan terapéutico, en el que se incluían junto a la medicación considerada apropiada, ejercicios corporales progresivos. Las pruebas se repetieron seis veces durante 20 meses en controles policlínicos.

## Método

Las pruebas se efectuaron por la tarde, dos horas después de una comida ligera. La temperatura de la habitación de pruebas de mantuvo entre 22 y 24° C. El esquema de la prueba de esfuerzo está representado en la figura 1 y se realizó de la siguiente forma: antes de empezar la prueba el paciente descansaba durante quince minutos, a continuación se medía la tensión arterial y se registraba el electrocardiograma en reposo. Mediante la pulpa del dedo se obtenía sangre capilar para la determinación del ácido láctico según el método de Vaupel<sup>7</sup>.

A continuación se investigaba la tolerancia al ejercicio con un ergómetro de bicicleta, al principio con una intensidad de 20 vatios e incrementándola con 10 vatios cada minuto hasta que el paciente no era capaz de continuar la prueba debido a la disnea. Este punto será llamado en lo sucesivo: punto máximo de esfuerzo, que no debe confundirse con la capacidad máxima de esfuerzo de Astrand y Rodahl<sup>1</sup>. Esta última presupone una disminución o no aumento de la frecuencia cardíaca a pesar de un aumento del trabajo, lo que no puede obtenerse en enfermos con CNSLD por limitación pulmonar. El electrocardiograma se registró en los últimos quince segundos de cada minuto, la medida de la tensión arterial y la toma de sangre para la determinación del ácido láctico se realizaron durante el punto máximo de esfuerzo.

Recibido el día 10 de febrero de 1981

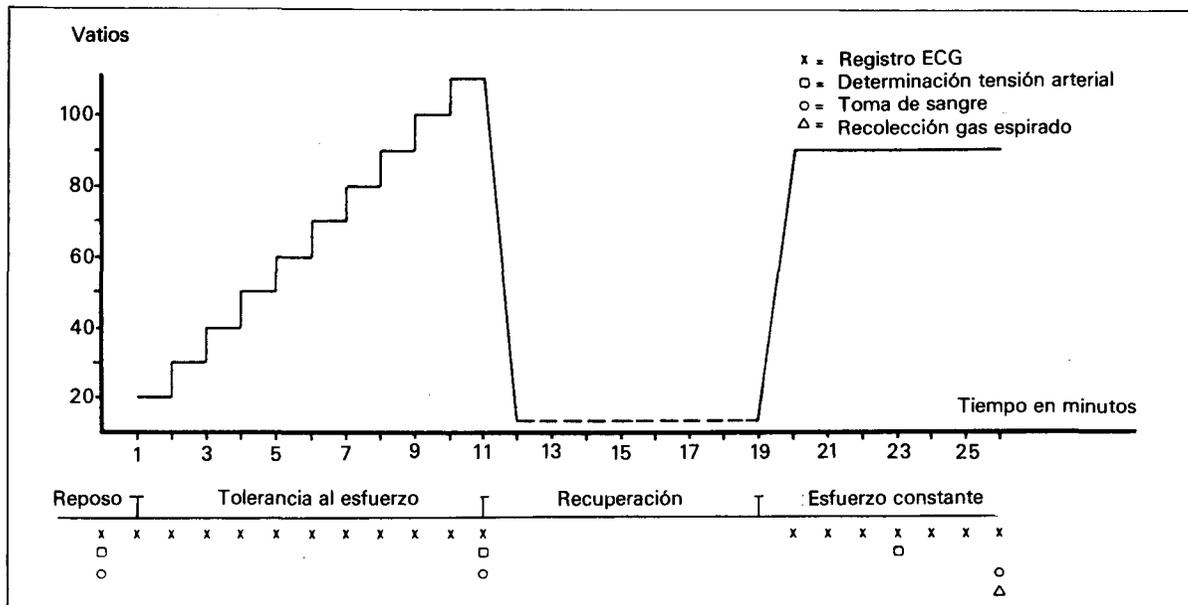


Fig. 1. Esquema del test de esfuerzo.

Después de esto empezaba el período de recuperación: el paciente continuaba pedaleando durante un minuto en que se reducía progresivamente la intensidad hasta cero vatios, como medida de precaución para evitar un síncope vasovagal. Tras siete minutos de reposo se empezaba con una prueba de seis minutos con una intensidad constante: alrededor de 80 % del valor alcanzado en el punto máximo de esfuerzo. En el último minuto de la prueba el gas espirado se recogía en un saco de Douglas, se registraba el electrocardiograma, la tensión arterial y se tomaba la muestra sanguínea para el ácido láctico.

Por razones prácticas y basados en conceptos aceptados de la fisiología del esfuerzo<sup>1, 8</sup>, se han elegido para su análisis los siguientes parámetros de las dos pruebas arriba mencionadas: frecuencia cardíaca, tensión arterial y concentración del ácido láctico en el punto máximo de esfuerzo; toma de oxígeno y equivalente respiratorio —ventilación en ml BTPS\*/min dividido por toma de oxígeno en ml STPD\*\*/min— medidos en la segunda prueba.

La variación de las determinaciones se estudió en cuatro personas, pertenecientes al personal del laboratorio sin signos aparentes de enfermedad, realizándose cinco determinaciones en cada uno de ellos con un intervalo medio de cinco días.

La variación de las determinaciones en los enfermos con CNSLD se estudió de la siguiente forma: 21 pacientes con trastornos de la función pulmonar estables en los dos últimos años, el FEV<sub>1.0</sub> no debía sobrepasar el 50 % en valores absolutos del valor teórico para el paciente, y que además en las últimas tres semanas no hubiese sufrido ningún síntoma clínico de infección pulmonar fueron divididos randomizados en dos grupos. El grupo A, 8 pacientes, realizó dos veces las pruebas de esfuerzo con un intervalo medio entre la primera y la segunda prueba de 59 días. El grupo B, 13 pacientes, realizó las dos pruebas con un intervalo medio de 2,6 días. Ambos grupos recibían la terapéutica que clínicamente se consideró adecuada: prednisolona y drogas broncodilatadoras en dosis variables. Entre los grupos no existían diferencias significativas con respecto a la medicación recibida.

La sensibilidad o utilidad de la prueba de esfuerzo fue medida de la siguiente forma: la prueba de esfuerzo fue repetida des-

pues de un período de seis semanas en las cuales 32 pacientes recibían junto a la medicación habitual en estos casos —prednisolona, antibióticos, drogas broncodilatadoras en dosis y frecuencias que clínicamente se juzgaron adecuadas— un programa de ejercicios físicos progresivamente intensos y adaptados a sus limitaciones de origen pulmonar. Las pruebas de esfuerzo antes y después del programa de ejercicios físicos se realizaron durante su permanencia en la clínica. Después de esto las pruebas se repitieron en los controles policlínicos, que tuvieron lugar 1, 2, 5, 8, 14 y 20 meses después de haber sido dados de alta. Clínica y funcionalmente este grupo es comparable a los grupos A y B. El criterio de selección fue determinado por el deseo de los pacientes de tomar parte en programa de ejercicios físicos.

## Resultados

Las cuatro laborantes de sexo femenino tenían una edad media de 21,7 años con límites entre 23 y 20 años. Su estatura media era de 171 con límites entre 177 y 164 cm, y su peso medio de 67,7 con límites entre 75 y 61 kg.

Los valores obtenidos en las sucesivas pruebas fueron los siguientes: a) punto máximo de esfuerzo (150 vatios): frecuencia cardíaca media por minuto 191, con una desviación estándar (Sd) de 3.7; tensión media sistólica 170 y diastólica 65, con una Sd de 16 y 6 mmHg respectivamente y concentración del ácido láctico 48 mg por 100 ml de suero con una Sd de 2.7. b) Segunda prueba: la toma media de oxígeno fue de 2.10 l STPD/min con una Sd de 0,08; el equivalente respiratorio medio fue de 25 con una Sd de 0.7.

Los resultados obtenidos en los pacientes, de sexo masculino, de los grupos A y B se han resumido en la tabla I. En el grupo A se calculó una edad media de 52.5 con una Sd de 5.4 años. El grupo B 58.1 con 7.1 de Sd. La VC y el FEV<sub>1.0</sub> medio del grupo

\*BTPS = body temperature and pressure saturated with water vapour.

\*\*STPD = standard temperature and pressure dry, i.e. 0° C. 760 mmHg.



**TABLA I**  
Valores medios y desviación standard, entre paréntesis, de dos pruebas de esfuerzo en 21 pacientes con CNSLD

	GRUPO A (N=8)		GRUPO B (N=13)	
	1.ª	2.ª	1.ª	2.ª
Fc	140.7 (17.9)	139.4 (13.4)	120.9 (9.6)	122.2 (11.3)
T	169.3 (16.4)	166.4 (16.5)	173.6 (23.6)	174.5 (18.9)
L	86.4 (11.4)	84.3 (5.3)	88.6 (10.9)	93.6 (10.9)
V O <sub>2</sub>	35.0 (9.1)	31.7 (11.1)	31.0 (13.4)	28.7 (11.6)
V/V O <sub>2</sub>	0.84 (0.29)	0.89 (0.28)	0.88 (0.16)	0.85 (0.19)
V/V O <sub>2</sub>	38.6 (7.6)	36.4 (8.4)	35.3 (6.0)	36.8 (5.4)

Fc: Frecuencia cardíaca por minuto en el punto máximo de esfuerzo.

T: Tensión arterial en mm Hg.

L: Concentración de ácido láctico en mg por 100 ml de suero.

V O<sub>2</sub>: Toma de oxígeno en l O<sub>2</sub> STPD por minuto.

V/V O<sub>2</sub>: Equivalente respiratorio.

A en la primera prueba fueron de 3.16 y 1.35 l BTPS con una Sd de 0.67 y 0.41 respectivamente. En la segunda prueba se midió una VC de 3.90 con una Sd de 0.75 y un FEV<sub>1.0</sub> de 1.27 con 0.38 de Sd.

En el grupo B se midió en la primera prueba una VC de 3.10 con una Sd de 0.69, y un FEV<sub>1.0</sub> de 1.23 con 0.40 de Sd. El análisis estadístico, t-test para dos observaciones de un mismo individuo, demostró que no había ninguna diferencia significativa entre los valores de VC y FEV<sub>1.0</sub> de la primera y segunda prueba de esfuerzo en ambos grupos. Lo cual sugiere que las pruebas se realizaron en períodos clínicamente comparables. El mismo test aplicado a las medidas de la prueba de esfuerzo no demuestran un cambio significativo en dichas medidas en los intervalos de tiempo examinados.

Los resultados en 32 pacientes, de sexo masculino, obtenidos en las pruebas de esfuerzo, antes y después del programa progresivo de ejercicios corporales se han resumido en la tabla II. Se trata de un grupo con una edad media de 58.8 años con una

Sd de 7.2. Su estatura media era de 172 cm con una Sd de 8.3, y su peso medio de 71.5 kg con una Sd de 10.5. La VC y el FEV<sub>1.0</sub> medio del grupo tenían un valor de 3.0 y 1.10 l BTPS con una Sd respectiva de 0.7 y 0.4. Estos valores se convirtieron en 3.7 y 1.5 después de 30 minutos de la administración de 25 mg intramusculares de thiazinamium, una droga broncodilatadora con propiedades anticolinérgicas y antihistamínicas. Los valores teóricos según Tammeling<sup>9</sup> para la VC y el FEV<sub>1.0</sub> fueron respectivamente de 4.3 y 2.9 con una Sd de 0.6 y 0.4. Los valores de VC y FEV<sub>1.0</sub> antes y después de la administración de thiazinamium fueron prácticamente los mismos después del período de seis semanas de ejercicios corporales. De las medidas de las pruebas de esfuerzo examinadas solamente el trabajo alcanzado en el punto máximo de esfuerzo, y la concentración del ácido láctico medido —en ambas pruebas en el mismo punto— demuestran un cambio estadísticamente significativo. La frecuencia cardíaca, que no

**TABLA II**

Valores medios, desviación standard, entre paréntesis, y análisis estadístico de las medidas de la prueba de esfuerzo antes y después de un período de 6 semanas de ejercicios físicos en 32 pacientes con CNSLD

	ANTES	DESPUES
PmW	88.2 (32.5)	90.0 (34.6) <sup>x</sup>
Fc	128.3 (15.2)	130.3 (16.8)
T	165.9 (20.4)	164.0 (21.2)
L	89.0 (9.8)	86.0 (6.8)
V O <sub>2</sub>	32.0 (11.4)	27.6 (10.4) <sup>x</sup>
V/V O <sub>2</sub>	0.85 (0.21)	0.82 (0.19)
V/V O <sub>2</sub>	36.6 (6.4)	35.0 (7.7)

PmW: Punto máximo de esfuerzo expresado en vatios.

Fc: Frecuencia cardíaca por minuto en el PmW.

T: Tensión arterial en mm Hg.

L: Concentración de ácido láctico en mg por 100 ml de suero.

V O<sub>2</sub>: Toma de oxígeno en l O<sub>2</sub> STPD por minuto.

V/V O<sub>2</sub>: Equivalente respiratorio.

X: p<0.05, t-test para dos observaciones de un mismo individuo.

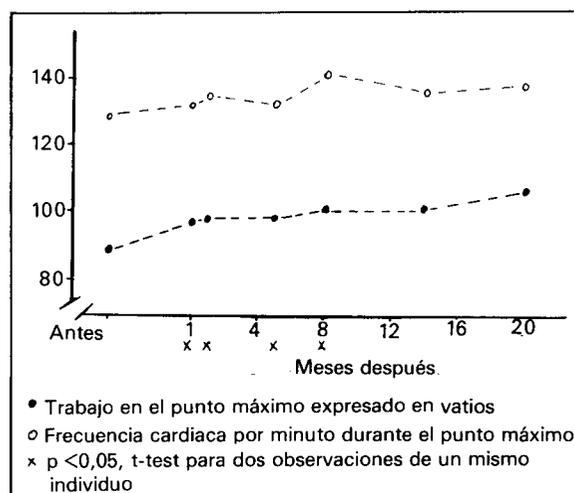


Fig. 2. Valores medios y análisis estadístico de las pruebas de esfuerzo durante los controles policlínicos.

aumentó de una manera significativa, a pesar de que se realizó un trabajo mayor sugiere también una mejoría.

En la figura 2 se resume la evolución de estas medidas en controles policlínicos durante 20 meses. El trabajo en el punto máximo de esfuerzo, y la frecuencia cardíaca durante el mismo son las únicas medidas, que a partir del primer control policlínico continúan siendo estadísticamente diferentes con respecto a los valores de antes del comienzo del programa de ejercicios. Los valores dejan de ser diferentes desde un punto de vista estadístico a partir del quinto control. De los 32 pacientes, solamente siete han completado el ciclo de seis controles en el momento de escribirse esta publicación. El número de pacientes investigados en los sucesivos controles policlínicos fue respectivamente de 27, 25, 24, 19, 13 y 7. Esto se debió a que solamente dos pacientes cada seis semanas tomaron parte en el programa de ejercicios físicos.

### Discusión

La variación de las determinaciones en las pruebas realizadas con el personal del laboratorio es similar a las descritas en la literatura<sup>10, 11</sup>. Los valores obtenidos son comparables a los considerados como valores teóricos o de referencia<sup>1</sup>. Lo cual sugiere que la técnica de las dos pruebas de esfuerzo es equiparable a la que se emplea en otros laboratorios.

La variación de los resultados obtenidos en pacientes con CNSLD a largo plazo —grupo A— y a corto plazo —grupo B— demuestran la estabilidad de estas medidas en los pacientes cuando se miden en periodos estables. Nuestro criterio de período estable está basado en los valores de la función pulmonar (VC y FEV<sub>1.0</sub>), y el hecho de que en las tres semanas previas a la prueba no haya tenido lugar una agudización de sus síntomas. Esto significa que no haya aumentado la tos, la producción de esputo y la sensación de disnea. Probablemente el criterio de selección de los pacientes con CNSLD —función pulmonar estable y que no sobrepase el 50 % del valor teórico en los dos últimos años previos a la prueba— ha influido en la estabilidad de los resultados.

Las medidas estudiadas con objeto de analizar la utilidad en esta clase de pacientes se pueden dividir en dos grupos. El primer grupo comprende las medidas que reflejan un cambio después de las seis semanas en la clínica: trabajo alcanzado en el punto máximo de esfuerzo, frecuencia cardíaca y concentración del ácido láctico. El segundo grupo comprende las medidas que continúan siendo estadísticamente diferentes durante los controles policlínicos: trabajo alcanzado en el punto máximo de esfuerzo y la correspondiente frecuencia cardíaca. Las restantes medidas de las dos pruebas de esfuerzo no mostraron ningún cambio

estadísticamente significativo. Esto es probablemente debido a que nuestros pacientes, por la reducción de las reservas respiratorias, no pueden ser sometidos a esfuerzos físicos que producen un aumento de la toma de oxígeno o una disminución del equivalente respiratorio. El aumento del punto máximo de esfuerzo con frecuencia cardíaca relativamente menor, así como la disminución del ácido láctico se atribuye a una mejor coordinación de movimientos<sup>12</sup>. A conclusiones similares han llegado otros autores en recientes publicaciones<sup>13, 14</sup>.

### Conclusión

Los datos obtenidos sugieren, que una prueba en que se mida el punto máximo de esfuerzo y la frecuencia cardíaca, es suficiente para controlar el efecto de un programa de ejercicios corporales en enfermos con CNSLD cuya capacidad de esfuerzo está muy limitada.

### Resumen

Se ha estudiado un método para valorar durante el ejercicio físico, los parámetros cardiopulmonares en pacientes con CNSLD. La reproducibilidad, expresada en el mismo sujeto como diferencia entre dos determinaciones, se ha investigado en personas normales y en pacientes con CNSLD en período estable de su enfermedad. Estos pacientes hicieron el ejercicio físico seis semanas en la clínica y luego lo continuaron en casa. Se encontraron cambios significativos después del ejercicio, del punto máximo de esfuerzo y de la concentración de ácido láctico en sangre. El grupo mantenía gran parte de su recuperación ocho meses más tarde. Esto sugiere que los parámetros cardiopulmonares estudiados son índices útiles de cambio en la mejoría del ejercicio físico.

### AGRADECEMOS

Al Dr. R. Peset y al Prof. V. López Merino sus comentarios en la lectura del manuscrito.

### SUMMARY

#### ANALYSIS OF A PULMONARY FUNCTION TEST FOR PATIENTS WITH CHRONIC, NON-SPECIFIC RESPIRATORY DISEASE (CNSLD)

A method has been studied to assess cardiopulmonary parameters during exercise in patients with CNSLD. The reproducibility —expressed as difference between two determinations in the same subject— has been investigated in «normal» subjects and in patients with CNSLD during a stable period of the disease. The utility has been investigated in 32 patients with CNSLD: exercise training began with six weeks in the clinic and was continued at home. Significant changes for «peak performance» and lactate concentration were found after exercise training in the clinic. The

group maintained most of their improvement 8 months later. It suggests that «peak performance» and heart rate during «peak performance» are useful index of change in improvement of exercise tolerance.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Astrand PC, Rodahl K: Textbook of work physiology. McGraw Hill, New York, 1970.
2. Marcus HJ, McLean RL, Duffell GM, Ingram HR: Exercise performance in relation to the pathophysiologic type of chronic obstructive pulmonary disease. *Amer J Med* 1970; 49: 14.
3. Giménez M, Uffholtz H, Schrijen F: Responses ventilatoires et cardiorespiratoires des restrictifs à l'exercice musculaire. *Bull Europ Physiopath Resp* 1977; 13: 355.
4. Mungall IPF, Hainsworth R: Assessment of respiratory function in patients with chronic obstructive airways disease. *Thorax* 1979; 34: 254.
5. Duwoos H, Matthys H, Grimby G: Principes de l'évaluation fonctionnelle par les épreuves d'exercice musculaire chez les handicapés respiratoires. *Bull Europ Physiopath Resp* 1978; 14: 96.
6. Sergysels R, DeCoster A, Degre S, Denolin H: Functional evaluation of a physical rehabilitation program including breathing exercises and bicycle training in chronic obstructive lung disease. *Respiration* 1979; 38: 105.
7. Vaupel P, Günter H: Ein Verfahren zur simultanen Bestimmung von Glucose-Lactat- und Pyruvatkonzentrationen in Mikroblutproben. *Pflügers Arch* 1971; 323: 351.
8. Carlsten A, Grimby G: The circulatory response to muscular exercise in man. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois, 1966.
9. Tammeling GJ: Standard values for lung volumes and ventilatory capacity of sanatorium patients. *Selected papers of the Royal Neth Tub Ass* 1961; 1: 65.
10. Astrand PO, Saltin B: Oxygen uptake during the first minutes of heavy muscular exercise. *J Appl Physiol* 1961; 16: 977.
11. Pool J: De maximale zuurstofopneming van longpatiënten. Tesis. Leiden, 1966.
12. Gimeno F, Smith ANA, Berg Chr W, Steenhuis EJ, Orié NGM, Sluiter HJ: Onderzoek naar het effect van longrevalidatie bij mannen met CARA. *Ned T Geneesk* 1979; 123: 1429.
13. Cockcroft AE, Saunders MJ, Berry G: Randomised controlled trial of rehabilitation in chronic respiratory disability. *Thorax* 1981; 36: 200.
14. Sinclair DJM, Ingram CG: Controlled trial of supervised exercise training in chronic bronchitis. *Br Med J* 1980; 281: 519.