

ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA INSPIRATORIA EN PACIENTES CON SINDROME DE LIMITACION CRONICA AL FLUJO AEREO

F. Márquez Varela y F. Miralles Sanchís.

Laboratorio Función Pulmonar. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

RESUMEN

Para ver la respuesta al entrenamiento de la musculatura inspiratoria en la realización del «tiempo de aguante» o «endurance» y esfuerzo submáximo, se han estudiado 30 pacientes con limitación crónica al flujo aéreo (LCFA), divididos de forma randomizada en dos grupos de 15 pacientes cada uno: Grupo A (FEV_1 1.234±428 cc), y Grupo B o Grupo control (FEV_1 1.473±410 cc). Para el entrenamiento se utilizó un sistema de resistencias variables (PFLEXR). Tras seis semanas de entrenamiento domiciliario no se apreciaron cambios en los parámetros funcionales, ni aumento en la presión inspiratoria máxima (PIM): Grupo A, PIM pre-entrenamiento (pre) 48±18 cm H₂O, PIM postentrenamiento (post) 53±20 cm H₂O, $p>0.05$; Grupo B, PIM pre 45±14 cm H₂O, PIM post 48±12 cm H₂O, $p>0.05$. Por el contrario, sí hubo un significativo aumento en el tiempo de aguante en el Grupo A (pre 466±147", post 659±155", $p<0.005$), que no se observó en el grupo control (pre 465±212", post 460±205" así como en el ejercicio submáximo (Grupo A pre 262±185" post 412±247" $p<0.005$), sin cambios estadísticamente significativos en el Grupo B (pre 300±96" post 340±120").

Concluimos que el entrenamiento domiciliario de la musculatura inspiratoria es un método eficaz para mejorar el ejercicio en pacientes con LCFA.

Palabras claves:

- Entrenamiento musculatura ventilatoria.
- Ejercicio submáximo en LCFA.
- Prueba de aguante o endurance.
- Presión inspiratoria máxima (PIM).

INSPIRATORY MUSCULATURE TRAINING IN PATIENTS WITH AIRWAY FLOW CHRONIC OBSTRUCTION.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of the inspiratory muscular training on the endurance and submaximum effort, we enrolled 30 patients with airway flow chronic obstruction (AFCO), which were allocated by randomizing in two groups: Group A, 15 patients (FEV_1 1.234±428 cc), and controls or Group B, 15 patients (FEV_1 1.473±410 cc). We used for the training a resistance variable system (P-FLEXR).

Six weeks after the home training was initiated, there was no changes in respiratory function tests nor increase in maximum inspiratory pressure (PIM): Group A pretraining 48±18

cm H₂O, post-training 53±20 cm H₂O; Group B pre 45±14 cm H₂O, post 48±12 cm H₂O. However, we found in Group A a significant increase in the endurance (pre 466±1.47sg, post 659±1.55sg, p<0,005) and on submaximum exercise (pre 262±185sg, post 412±247sg, p<0,005). There was no significant changes in Group B.

We conclude that the home training of the inspiratory musculature is an useful method to improve the exercise capacity in patients with AFCA.

Key words:

- Ventilatory musculature training
- Submaximum exercise in AFCA
- Endurance test
- Maximum inspiratory pressure

INTRODUCCION

Varias modalidades de entrenamiento han sido propuestas para el fortalecimiento de la musculatura respiratoria: ejercicio físico de intensidad suficiente para conseguir un aumento en la ventilación previamente establecido ⁽¹⁾, hiperventilación isocápnic ⁽²⁻³⁾, respiración a través de resistencias ⁽⁴⁻⁶⁾ y, últimamente, mediante un sistema valvular ⁽⁷⁻¹⁰⁾. La importancia y aplicaciones en este campo es relativamente nueva (la mayoría de los trabajos se han publicado en los últimos quince años), por lo que los resultados son aún muy dispares.

El objeto de nuestro estudio ha sido comprobar la respuesta al entrenamiento mediante un sistema de resistencias, la cual aseguraba una presión en boca prefijada, sobre la capacidad de ejercicio, medido en cicloergómetro, en un grupo de pacientes con limitación crónica al flujo aéreo (LCFA) en situación de estabilidad clínica.

MATERIAL Y METODOS

Hemos estudiado 30 pacientes con LCFA estabilizados clínicamente, sin ninguna otra patología asociada, que fueron divididos de forma randomizada en dos grupos:

Grupo A, compuesto por 15 pacientes a los que se sometió a entrenamiento según método que se describirá posteriormente, y Grupo B, compuesto por 15 pacientes que se tomaron como controles. En la Tabla 1 se muestran la edad y datos de la exploración funcional respiratoria de cada uno de los dos

TABLA 1
Datos de la Exploración funcional

	Edad	F.E.V ₁	F.V.C.	F.R.C.	R.w.a.	PO ₂
Grupo A	(entr.) 60±4	1234±428	2733±724	5420±883	2.88±1.4	75
Grupo B	(contr.) 59±8	1473±410	2850±650	5010±756	2.56±0.79	73

P>0.05

grupos. Cada paciente llegaba a primera hora al Laboratorio, sometiéndose al siguiente método de estudio:

Día 1.- Exploración funcional respiratoria basal (Siregnost FD 88 Siemens) siguió endo normativa SEPAR⁽¹¹⁾, medición de presión inspiratoria máxima (PIM) desde FRC utilizando un transductor de presión convencional, gasometría arterial (Corning 175), medición del tiempo de aguante o endurance mientras respiraba a través de un sistema de resistencias variable (Fig 1), manteniendo una presión boca (Pm) preestablecida en el 60% de su PIM que le era mostrada en un osciloscopio, de forma que el enfermo pudiese ver cuando alcanzaba el valor prefijado. También se medía de forma continua la presión espiratoria de CO₂ al final de la espiración a volumen corriente (PET CO₂), procesando a través de un pequeño computador los valores de frecuencia respiratoria (FrR), frecuencia cardíaca (FrC), volumen espiratorio (VE) y ciclo ventilatorio. Por último, de forma indirecta, se medía el índice tensióntiempo (ITT).

El tiempo de aguante lo establecíamos desde el comienzo de la prueba hasta que el paciente no podía mantener, tras tres intentos consecutivos, el valor prefijado de Pm.

Día 2.- Prueba de esfuerzo en cicloergómetro (Elema Siemens) de forma progresiva, con aumento de 15 W cada minuto y registro de VE, consumo de oxígeno (VO₂), consumo de CO₂ (VCO₂), FrR, FrC, cociente respiratorio (RQ) y PET CO₂. Tras 20' de descanso, hacíamos una prueba de ejercicio submáximo al 75% de la potencia máxima alcanzada.

Posteriormente, los pacientes del grupo A fueron sometidos a un entrenamiento domiciliario mediante un aparato de resistencias convencional (comercializado con el nombre de P-FLEX), compuesto de seis orificios cuyas características de resistencia, presión y flujo han sido publicadas⁽¹²⁾, comenzando a realizar los ejercicios por el orificio que aumentase la Pm de cada sujeto por encima del 60% de su PIM. Para ello, conectábamos el P-FLEX al transductor de presión y a un espirómetro incentivado, con el que el paciente disponía de un control visual de su presión tidal y era motivado a realizar los movimientos respiratorios de forma correcta. El tiempo de entrenamiento lo establecimos en 10 minutos tres veces cada día durante seis semanas consecutivas, haciéndoles un control semanal consistente en comprobar la maniobra de entrenamiento en el Laboratorio de Función Pulmonar.

Los pacientes del grupo control (Grupo B), sólo realizaron maniobras de ejercicio toraco-abdominales.

Se excluyeron del estudio los enfermos del grupo A si suspendían el entrenamiento más de cinco días, y los del grupo control si no asistían con periodicidad semanal a nuestro Servicio.

FIGURA 1

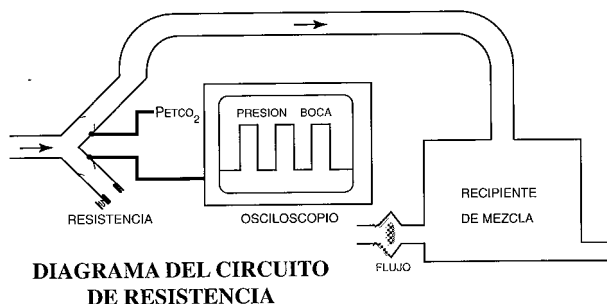


DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE RESISTENCIA

Finalizadas las seis semanas de entrenamiento, se repitieron en ambos grupos las pruebas funcionales respiratorias, (PIM), tiempo de aguante (endurance) y ejercicio.

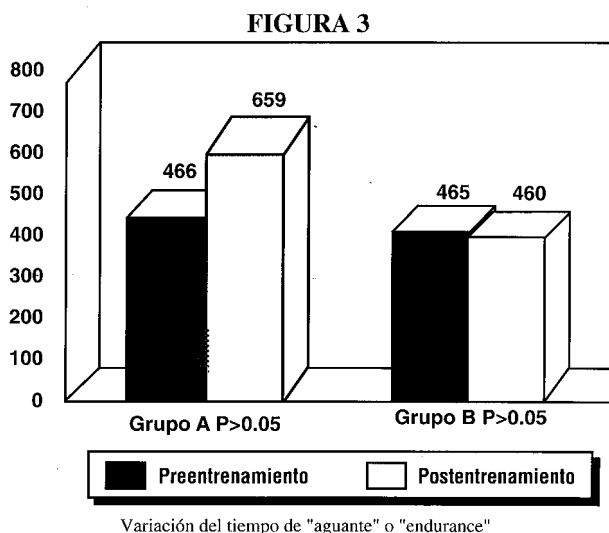
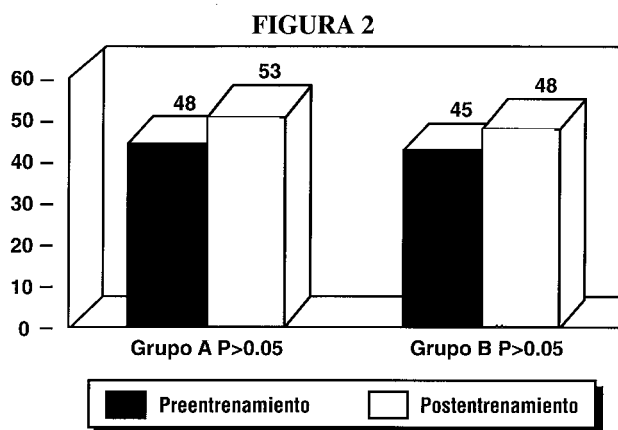
Para el estudio estadístico se utilizó un test no paramétrico para datos pareados -test de Wilconxon-, considerando que existía significación estadística cuando la p era menor de 0,05.

RESULTADOS

TABLA 2
Parámetros funcionales pre y post entrenamiento

	Grupo	Inicio	Postentrenamiento
F.V.C.	A (entr.)	2733±724	2856±630
	B (cont.)	2850±650	2960±510
F.E.V ₁	A (entr.)	1234±428	1310±350
	B (cont.)	1473±410	1500±365
F.R.C.	A (entr.)	5420±883	4952±990
	B (cont.)	5010±756	5045±841
R.w.a.	A (entr.)	2.88±1.4	2.96±0.7
	B (cont.)	2.56±0.79	2.65±1.2

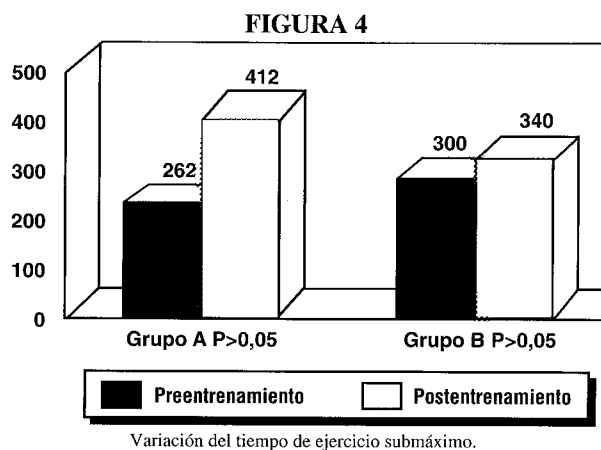
P>0.5



Doce de los 15 pacientes del Grupo A (entrenados) y catorce del Grupo B (control) finalizaron el estudio; la aparición de una infección bronquial intercurrente y el no tolerar las distintas pruebas, fueron las causas del abandono. Todos los pacientes estudiados tenían obstrucción de vías aéreas, marcada insuflación y ligera hipoxia sin retención de CO₂ (Tabla 1). Los datos de la exploración funcional antes y después del entrenamiento se muestran en la Tabla 2; como puede observarse, los flujos, volúmenes y resistencias fueron similares antes y después del entrenamiento tanto en el grupo control como en el grupo entrenado (p>0.05).

No se encontró variación significativa en la PIM en el grupo A tras el entrenamiento (48±18 cm H₂O pre y 53±12 cm H₂O post), ni en el grupo control (43±14 cm H₂O pre y 48±12 cm H₂O post), así como tampoco existieron diferencias significativas al comparar la PIM de ambos grupos entre sí (Fig. 2). Sin embargo, sí existió un aumento claramente significativo en el tiempo de aguante o endurance en el grupo sometido a entrenamiento, pasando de un tiempo de aguante basal de 466±147" a 659±155" post (p<0.005),

sin encontrar variación significativa de la endurance en el grupo control: $465 \pm 202''$ al comienzo y $460 \pm 205''$ tras seis semanas; no hubo tampoco diferencias en el tiempo de aguante basal entre el grupo entrenado y el control (Fig. 3). Por último, en la Figura 4 se muestra la respuesta al entrenamiento en el tiempo de ejercicio submáximo. Los pacientes del Grupo A sometidos a entrenamiento partían de un tiempo de ejercicio submáximo de $262 \pm 185''$, alcanzando tras las seis semanas de entrenamiento 412 ± 247 , con clara diferencia significativa ($p < 0.005$), mientras que en los pacientes del grupo control no se observaron cambios significativos en el tiempo de ejercicio submáximo ($300 \pm 96''$ y $340 \pm 120''$ respectivamente).



DISCUSIÓN

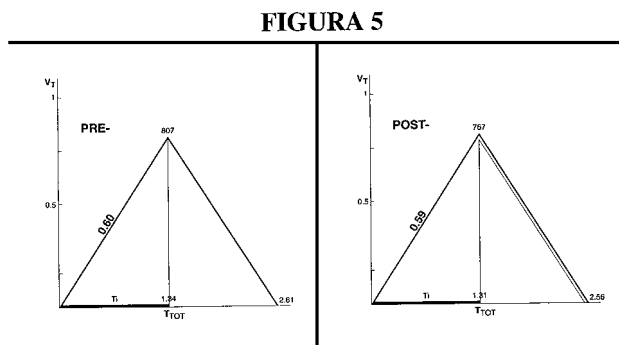
Muchas técnicas han sido utilizadas para el entrenamiento físico de los pacientes con LCFA. En los últimos años se ha incorporado una nueva modalidad: el entrenamiento de la musculatura inspiratoria.

Cualquier técnica que se use para el entrenamiento de la musculatura respiratoria, ha de cumplir los tres principios básicos del entrenamiento de la musculatura esquelética: intensidad del estímulo, especificidad y duración del mismo. En 1976, Leith y Bradley⁽²⁾ introdujeron la técnica de hiperventilación, consiguiendo buenos resultados en personas sanas; más tarde, se introdujo la técnica de respiración a través de resistencias alineares, con la cual los resultados obtenidos han sido muy dispares, describiéndose casos en los que se consigue una notable mejoría, incluso en situaciones de gran severidad^(12,13).

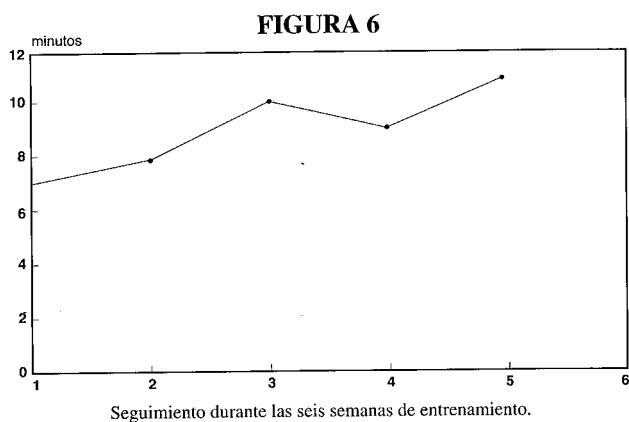
En nuestro trabajo no encontramos ninguna mejoría en la exploración funcional respiratoria a las seis semanas de entrenamiento. Muy pocos de los trabajos que hemos revisado encuentran mejoría en los parámetros funcionales⁽²⁾; la mayoría de los estudios objetivan escasas o nulas variaciones, utilizando tanto la técnica de resistencias como la de máxima ventilación isocapnica^(5,7,8,10,14-16).

Tampoco hemos encontrado variaciones en la PIM, si bien es cierto que nuestra forma de entrenamiento estaba específicamente diseñada para intentar aumentar el tiempo de aguante, y no para aumentar la fuerza muscular, en cuyo caso se hubiera exigido la realización de esfuerzos menos frecuentes y con Mayor presión, es decir maniobras repetidas de PIM; utilizando esa metodología hay referencias en la literatura de sujetos que mejoran más de un 40% sus presiones máximas inspiratorias y espiratorias^(2,7,14,15,17,18).

Nuestros pacientes entrenados mejoraron significativamente con respecto a los controles su tiempo de aguante; se ha criticado si este aumento del tiempo de aguante sería real o meramente una adaptación estratégica de la forma de respirar, disminuyendo su frecuencia respiratoria, su flujo inspiratorio y, por consiguiente, su Pm, con lo cual su capacidad de percepción del esfuerzo sería claramente inferior^(19,20-22). Por este motivo, hemos monitorizado el ciclo ventilatorio durante la medición del tiempo de aguante, antes y después del entrenamiento y, como se muestra en la Fig 5, no hubo cambios en el patrón ventilatorio, con lo que el índice tensión tiempo (ITT) no cambia⁽²³⁾. Otro factor a tener en cuenta ha sido el seguimiento semanal durante el tiempo de entrenamiento, ya que es importante diferenciar lo que es el factor puramente de aprendizaje del efecto que realmente queríamos buscar. Como puede apreciarse en la Fig 6, aunque no hay un claro ascenso escalonado desde la semana una a la seis, a partir de la tercera semana encontramos mucha mayor respuesta (rentabilidad) que en las primeras, lo cual indicaría que realmente se consiguió un efecto entrenamiento y no aprendizaje⁽²⁴⁾. Para comprobar la eficacia del entrenamiento de la musculatura inspiratoria elegimos el tiempo de ejercicio submáximo, antes y después del entrenamiento. Se ha objetado que la hiperventilación durante el ejercicio se asocia con una sobrecarga de volumen, con un incremento de la FrR y con un descenso del tiempo inspiratorio (Ti) o aumento de



Ciclo ventilatorio al respirar por el sistema de resistencia antes y después del entrenamiento.



la velocidad de contracción de la musculatura inspiratoria, parámetros que se asemejan mucho más al ejercicio realizado al entrenar con técnica de hiperventilación que con técnica o modo de resistencia. Nuestros pacientes aumentaron significativamente su tiempo de ejercicio submáximo, al contrario de lo observado en algunas publicaciones que utilizan la misma técnica de entrenamiento^(6,8,14,25,26); sin embargo, nuestros pacientes eran estimulados a conseguir una presión preestablecida mediante la conexión del P-FLEX a un espirómetro incentivado, de modo que la presión tidal les era mostrada en un monitor y era comprobada la maniobra semanalmente. Pensamos que esta variante pudo aumentar considerablemente la motivación y eficacia del entrenamiento domiciliario.

Concluimos que con una forma muy simple de entrenamiento, en el propio domicilio del enfermo, se puede conseguir un aumento en la capacidad de resistencia de la musculatura respiratoria y, secundariamente, una mejoría en la realización de ejercicio en pacientes con LCFA, siempre que haya una estrecha monitorización, tanto para aumentar la eficacia, como para prevenir el desencadenamiento de fatiga y fallo respiratorio.

BIBLIOGRAFIA

1. Vyas MN, Banister EV, Morton JW et al. Response to exercise in patients with chronic airway obstruction. *Am Rev Respir Dis* 197 1; 103: 390-400.
- 2.- Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle streng and endurance training. *J Appl Physiol* 1976; 41: 508-516.
3. Belman MJ, Mittman C. Ventilatory muscle training improves exercise capacity in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Am Rev Respir Dis* 1980; 121: 273-280.
4. Sonne LJ, Davis JA. Increased exercise performance in patients with severe COPD following inspiratory resistive training. *Chest* 1982; 81: 436-439.
5. Pardy RL, Rivington RN, Despas PJ, Macklem PT. Inspiratory muscle training compared with physiotherapy in patients with chronic airflow limitation. *Am Rev Respir Dis* 198 1; 23: 421-425.
- 6.- Pardy RL, Rivington RN, Despas PJ, Macklem PT. The effects of inspiratory muscle training on exercise performance in chronic airflow limitation. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123: 426-433.
- 7- Clanton TL, Dixon G, Drake J, Gadek JE. Inspiratory muscle conditioning using a threshold loading device. *Chest* 1985; 87: 6266.
- 8.- Chen H, Dukes R, Martin BL Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1985; 131: 251-255.
- 9.- Martyn JB, Moreno RH, Paré PD, Pardy RL. Measurement of inspiratory muscle performance with incremental threshold loading. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 919-923.
- 10.- Larson JL, Kim MJ, Sharp JT, Larson DA. Inspiratory muscle training with a pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138: 689-696.
- 11.- Recomendaciones SEPAR. Normativa para la espirometría forzada. Numero 1. Ed. Doyma. Barcelona 1985.
- 12- Bjerre-Jepsen K, Secher NH, KokJensen A. Inspiratory resistance training in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Respir Dis* 1981; 62: 405-411.
- 13- Levine S, Weiser P, Gillen J. Evaluation of a ventilatory muscle endurance training in the rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1986; 133: 400-406.
- 14.- Asher MI, Pardy RL, Coates AL, Thomas E, Macklem PT. The effects of inspiratory muscle training in patients with cystic fibrosis. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126: 855-859.

- 15.- Ambrosino N, Paggiaro PL, Roselli MG, Contim V. Failure of resistive breathing training to improve pulmonary function tests in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration* 1984; 45: 455-459.
- 16.- Montserrat JM , Fiz JA, Alarcón A et al. Entrenamiento de los músculos ventilatorios en las EPOC. *Arch Bronconeumol* 1988; 24-S: 44.
- 17.- Gross D, Loadd HW, Riley EJ, Macklem PT, Grassino A. The effect of training on strength and endurance of the diaphragm in quadriplegia. *Am J Med* 1980; 68: 27-35.
- 18.- Larson M, Kim MJ. Respiratory muscle training with the incentive spirometer resistive breathing device. *HeartLung* 1984; 13: 341-345.
- 19.- Belman MJ, Thomas SG, Lewis MI. Resistive breathing training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1986; 90: 662-669.
- 20.- Clanton TL, Dixon GE, Drake J, Gadek JE. Effects of breathing pattern on inspiratory muscle endurance in humans. *J Appl Physiol* 1985; 59: 1834-1841.
- 21- Collet PW, Perry C, Engel LA. Pressure-time product, flow, and oxygen cost of resistive breathing in humans. *J App Physiol* 1985; 58: 1263-1272.
- 22- Jones GL, Killian KJ, Summers E, Jones NL. Inspiratory muscle forces and endurance in maximum resistive loading. *J Appl Physiol* 1985; 58: 1608-1615.
- 23- Bellemare F, Grassino A. Effect of pressure and timing of contraction on human diaphragm fatigue. *J Appl Physiol* 1982; 53: 1190-1195.
- 24.- Pardy RL, Reid WD, Belman MJ. Respiratory muscle training. *Clin Chest Med* 1988; 9: 287-296.
- 25.- Jones DT, Thomson RJ, Sears MR. Physical exercise and resistive breathing training in severe chronic airways obstruction-are they effective?. *Eur J Respir Dis* 1985; 67: 159-166.
- 26.- Madsen F, Secher NH, Kay L, Kok-Jensen A, Rube N. Inspiratory resistance versus general physical training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Respir Dis* 1985; 67: 167-176.