



Entrenamiento al esfuerzo como técnica terapéutica en los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)

R. Güell Rous y P. Casan Clarà

Departamento de Neumología.
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.

Ejercicio y EPOC

El organismo se encuentra en la necesidad ineludible de constante movimiento y el músculo es el instrumento básico para esta movilidad. El músculo durante el ejercicio aumenta su demanda metabólica y, por lo tanto, la demanda de energía. La fuente inmediata de energía es el adenosintrifosfato (ATP); para la síntesis de ATP se precisa oxígeno. En condiciones normales la necesidad de oxígeno durante el ejercicio provoca una respuesta a tres niveles: muscular, aumentando la actividad enzimática y el número y tamaño de los capilares; cardiovascular, aumentando el volumen sistólico y la frecuencia cardíaca, así como redistribuyendo la circulación sistémica hacia las zonas más activas, y respiratoria, incrementando la ventilación y el número y tamaño de los capilares para favorecer el intercambio de gases.

Estos tres mecanismos trabajan conjuntamente a modo de engranaje.

Los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) tienen una limitación al ejercicio manifestada clínicamente como "disnea", que les provoca una progresiva intolerancia al esfuerzo, llegando a limitarles en las actividades más sencillas de la vida cotidiana: vestirse, peinarse, comer, etc. La causa de esta limitación es multifactorial:

La alteración de la mecánica ventilatoria

Las alteraciones en las relaciones ventilación-difusión (V/Q) y la propia obstrucción de las vías aéreas crean un desequilibrio entre las necesidades ventilatorias incrementadas por el ejercicio y la capacidad ventilatoria disminuida por la propia enfermedad.

La fatiga de los músculos ventilatorios (fallo de la bomba ventilatoria)

Debida al aumento del trabajo respiratorio para vencer la obstrucción y a la mala posición de los músculos (sobre todo el diafragma) por el incremento de la CRF; pero además hay otros factores que intervienen directamente sobre el músculo disminuyendo su capacidad de contracción: la hipoxemia, la hipercapnia y la desnutrición.

La limitación cardiovascular

Definida por una caída de la fracción de eyección (FE) del ventrículo derecho (VD), secundaria a dos mecanismos: por un lado de la propia HTP y por otro la disminución del retorno venoso producida por la compresión de la aurícula derecha (AD) y de la vena cava, debida al incremento de la presión intratorácica que se produce al aumentar el volumen pulmonar. El resultado de ambos mecanismos es una caída de la FE del ventrículo izquierdo y, por lo tanto, una disminución del flujo sanguíneo periférico.

La limitación muscular

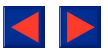
Los pacientes con EPOC presentan un grado más o menos importante de atrofia muscular, debido a la propia inmovilidad, a la desnutrición, a la hipoxemia y a los repetidos tratamientos con corticoides. La atrofia muscular provoca una disminución del número de mitocondrias y de los sistemas enzimáticos de la célula, así como alteraciones de la microcirculación. Todo ello dificulta el intercambio de gases de la fibra muscular y provoca una disminución de la capacidad de metabolismo y, por lo tanto, favorece una rápida caída del músculo hacia la fatiga.

Bases del entrenamiento

La utilización del ejercicio de una forma continua y controlada puede conseguir una mejoría en la capaci-

Correspondencia: Dra. R. Güell Rous.
Departamento de Neumología.
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.
Avda. Pare Claret, 167. 08025 Barcelona.

(Arch Bronconeumol 1994; 30:89-93)



dad funcional del individuo, con menor gasto energético, consiguiéndose un efecto de "entrenamiento".

El entrenamiento consiste en someter al organismo a un nivel de trabajo con una intensidad, frecuencia y duración determinadas.

Es importante que en las técnicas aplicadas de entrenamiento participen los grupos musculares de los que esperamos un progreso. Cuando se pretende una mejoría global del individuo es importante que se actúe sobre grandes masas musculares. El efecto del entrenamiento es proporcional a la carga de trabajo impuesta.

La finalidad del entrenamiento es mejorar la capacidad funcional del individuo mediante la creación de: cambios estructurales y funcionales en el músculo que proporcionarán una mayor fuerza y resistencia del mismo; una mayor movilidad articular; una respuesta cardiovascular y respiratoria que provocará una mejor utilización periférica del oxígeno, y motivaciones que mejorarán el factor psicológico.

En individuos sanos, el entrenamiento provoca un incremento del consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) en un 5-20 % como resultado del aumento del gasto cardíaco (GC) y de la diferencia arteriovenosa de oxígeno ($a-v\text{O}_2$). El incremento del GC se consigue gracias a un aumento del volumen sistólico, sin cambios en la frecuencia cardíaca. El incremento de la diferencia a-v de O_2 es atribuido a diversos fenómenos: al aumento del número y tamaño de las mitocondrias, al aumento de las enzimas aeróbicas y a la concentración de glucógeno en los músculos entrenados y, finalmente, al efecto sobre la ventilación, consiguiendo una ventilación más eficaz sin incrementar la frecuencia respiratoria.

El entrenamiento no es una exclusiva de los atletas, sino que también puede dirigirse a conseguir una mejor utilización de los recursos musculares y cardiopulmonares en la enfermedad y, por tanto, ser utilizado como medio terapéutico.

El entrenamiento en los pacientes con EPOC tiene una doble finalidad: por un lado prevenir el aislamiento social que le produce su incapacidad y por otro, el conseguir la mayor condición física que le permita su enfermedad¹.

Objetivos del entrenamiento

El principal objetivo del entrenamiento en los pacientes con enfermedad respiratoria crónica es conseguir una capacidad de ejercicio suficiente para que el paciente pueda alcanzar la autonomía necesaria para realizar las actividades más simples de su vida cotidiana.

En general, los objetivos del entrenamiento podríamos sintetizarlos de la siguiente forma: conseguir un mejor acondicionamiento del sistema de transporte del oxígeno, mediante una mejor adaptación cardiovascular y respiratoria (mejorando las relaciones de ventilación-perfusión); alcanzar una mejor capacidad de extracción del oxígeno en el músculo periférico (aumento del número y tamaño de capilares que favo-

recerán el intercambio de gases a este nivel); provocar un desarrollo de la fuerza y de la resistencia del músculo esquelético (sobre todo de las extremidades superiores e inferiores), y de los músculos ventilatorios, y crear una serie de motivaciones que favorecerán el componente psicológico del paciente.

¿A qué pacientes debe indicarse el entrenamiento?

En la década de los cincuenta la opinión general era limitar el ejercicio en los pacientes con LCFA como medida terapéutica; sin embargo, los estudios llevados a cabo por Barach et al² constataron la progresiva tolerancia a caminar sin disnea en los pacientes activos en relación a los sedentarios; esto sugirió que existía una respuesta fisiológica similar a la conseguida en los atletas.

La disnea de esfuerzo favorece la inmovilización y la inmovilización provoca más disnea, de tal forma que, progresivamente, el paciente se va convirtiendo en un inválido física y psíquicamente.

La ansiedad y la ignorancia sobre la enfermedad empeoran la capacidad del individuo, incrementan su frustración y disminuyen su autoestima, desencadenando un deterioro de su capacidad funcional, además de crear dependencia de los servicios médicos e incrementar los días de ingreso hospitalario.

Podríamos decir que el entrenamiento está dirigido a romper este círculo vicioso: disnea → inmovilidad → más disnea y, por lo tanto, estaría indicado en todo paciente que presente una enfermedad respiratoria que le provoca disnea de esfuerzo. Sin embargo, no todos los pacientes pueden realizar un esfuerzo suficientemente intenso para conseguir todos los efectos del entrenamiento. En los pacientes que incrementan la hipoxemia al esfuerzo (enfisema pulmonar severo, enfermedades que alteran la difusión o en la hipertensión pulmonar [HTP] grave) el entrenamiento puede incrementar la HTP, empeorar el *cor pulmonale*, facilitando la aparición de insuficiencia cardíaca y de arritmias que pueden incluso tener un desenlace fatal durante el tratamiento. Pero aún con todo ello es importante conseguir la movilización del paciente y, por lo tanto, hay que evaluar correctamente su situación clinicofuncional y si presenta factores de riesgo como los reseñados, plantearse la posibilidad de realizar ejercicios menos intensos, como caminar o incluso, en ocasiones, será preciso administrar oxígeno durante el entrenamiento.

Tipos de entrenamiento

Podemos decir que básicamente se utilizan dos tipos de entrenamiento: el entrenamiento físico general y el entrenamiento específico de los músculos ventilatorios.

Entrenamiento físico general

Con este tipo de entrenamiento se pretenden conseguir dos objetivos fundamentales: un acondiciona-



miento muscular (como en los sanos) y una mejor adaptación cardiovascular y respiratoria para un mismo nivel de trabajo físico.

La finalidad primordial de este entrenamiento no es conseguir atletas sino mejorar la tolerancia al esfuerzo en los pacientes con EPOC para facilitarles la realización de las actividades de su vida cotidiana como son caminar, subir escaleras, etc.

Aunque los métodos más conocidos están dirigidos a mejorar el acondicionamiento muscular de las extremidades inferiores (caminar, subir escaleras, ejercicios con distintos ergómetros, etc.)^{3,4}, también hay ejercicios dirigidos a mejorar la actividad de los miembros superiores (ejercicios de brazos)⁵. Además, utilizando grandes masas musculares conseguiremos provocar una respuesta también a nivel cardiovascular y pulmonar⁶.

Es imprescindible conseguir la estabilización de la enfermedad en el momento de iniciar un programa de entrenamiento, además de conseguir la máxima permeabilización posible de las vías aéreas para conseguir los resultados más óptimos.

La intensidad del entrenamiento deberá ser adaptada a cada individuo.

Entrenamiento de los músculos ventilatorios

Desde hace unos 10 años y coincidiendo con la introducción del concepto de fatiga de los músculos ventilatorios⁷, esta modalidad de entrenamiento ha ido tomando personalidad propia.

Los efectos deseados de este tipo de entrenamiento son incrementar la fuerza y resistencia de los músculos ventilatorios y, de este modo, evitar el fallo de la bomba ventilatoria que se produce por la fatiga de estos músculos⁸.

Los métodos utilizados son básicamente tres:

1. La realización de maniobras repetidas de presión inspiratoria máxima ($P_{I_{max}}$) y presión espiratoria máxima ($P_{E_{max}}$), lo que puede favorecer el incremento de la fuerza de los músculos ventilatorios^{9,10}.

2. La ventilación máxima mantenida isocápnicamente, que consigue incrementar la capacidad de "aguante" de estos músculos^{11,12}.

3. La utilización de resistencias resistivas inspiratorias, que es el método más extendido y utilizado por su fácil manejo y su escaso coste¹³⁻¹⁶. Su objetivo es mejorar la fuerza de los músculos ventilatorios.

Resultados del entrenamiento en la EPOC

La eficacia de las técnicas de entrenamiento físico general en los pacientes con EPOC ha sido largamente controvertida, probablemente por la escasa respuesta de los parámetros de función ventilatoria y cardiovascular. Uno de los argumentos más reseñados para rebatir el entrenamiento es el considerar la alteración de la mecánica pulmonar como el factor más importante o casi único de limitación al esfuerzo en estos

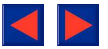
pacientes; sin embargo, hay otros factores que ya hemos mencionado anteriormente como la fatiga de los músculos ventilatorios, la fatiga muscular periférica y la limitación cardiovascular, que probablemente también desempeñan un papel importante. En un trabajo realizado por nosotros¹⁷ quisimos objetivar si la causa de limitación al esfuerzo en los pacientes con EPOC era la limitación ventilatoria o la limitación muscular. Analizamos la respuesta del patrón ventilatorio y la respuesta muscular mediante la electromiografía del músculo cuádriceps durante la realización de una prueba de esfuerzo y pudimos observar que, a pesar de que la limitación ventilatoria fue la causa fundamental, la fatiga muscular periférica aparecía en el 53 % de los pacientes estudiados; por lo tanto, tiene también un papel importante como factor limitante al esfuerzo, lo que nos permite suponer que si mejoramos este componente periférico podríamos, de algún modo, mejorar la tolerancia al ejercicio en los pacientes con EPOC.

Todos los autores están de acuerdo que con el entrenamiento físico general se consigue una mejoría en el factor psicológico, debido a la "motivación" que provoca en estos pacientes. La subjetividad que conlleva este factor psicológico le ha mermado importancia. Sin embargo, podemos observar en los resultados de la literatura que esta mejoría subjetiva se refleja de diversas formas: se incrementa la autonomía del paciente¹⁸, disminuyen los ingresos hospitalarios¹⁹ y mejora la calidad de vida de los pacientes con EPOC²⁰. Estos efectos "subjetivos" del entrenamiento adquieren día a día una mayor importancia cuando se analiza la respuesta a un tratamiento sea farmacológico o de entrenamiento; de este modo en los últimos años se han diseñado unos cuestionarios que permiten cuantificar la calidad de vida del paciente^{21,22} y considerarla como un factor más de análisis de la respuesta al tratamiento establecido.

La mayor controversia existe en el análisis de los resultados de la función cardiopulmonar. Hay autores que han encontrado mejoría clara en parámetros como: respuesta cardíaca más adecuada con una frecuencia cardíaca inferior para un mismo nivel de esfuerzo^{23,24}; nivel superior de ejercicio alcanzado²⁵; incremento²⁶ de la VO_{2max} ; ventilación máxima y frecuencia respiratoria inferiores para un nivel dado de esfuerzo^{23,26,27}; o incremento de la $PaCO_2$ con disminución de la PaO_2 durante el ejercicio^{6,24}. Sin embargo, otros autores han encontrado modificaciones en estos parámetros²⁸.

Otro punto de crítica que siempre ha existido en torno al entrenamiento físico general es la desaparición de los efectos conseguidos después de un tiempo de haber finalizado el programa de entrenamiento. Sin embargo, trabajos ya clásicos como el de Sahn et al²⁹ y otros más recientes^{25,30} ponen de manifiesto que los resultados obtenidos pueden mantenerse durante largos períodos, sobre todo si hemos conseguido producir un efecto "motivación" en el paciente.

Probablemente la falta de resultados alcanzados por los programas de entrenamiento viene influenciada



porque en la mayoría de ellos se realiza un tipo de trabajo poco intenso, poco frecuente y de poca duración que son las tres características imprescindibles para alcanzar resultados positivos en todo entrenamiento³¹.

Prácticamente todos los programas de entrenamiento físico general en la EPOC están centrados en el entrenamiento de los músculos de las piernas; sin embargo, en los últimos 5-7 años se ha dado también importancia al entrenamiento de los músculos de los brazos. Los pacientes con EPOC severa tienen serias dificultades para realizar esfuerzo con los brazos (comer, peinarse, lavarse los dientes, etc.). Celli et al⁵ demostraron que en los pacientes con EPOC el tiempo de tolerancia al esfuerzo y la saturación de la oxihemoglobina era inferior cuando realizaban un esfuerzo con los brazos comparándolo con un esfuerzo de las piernas. Estudios previos³², que comparaban la respuesta cardiovascular y pulmonar de los ejercicios de brazos y piernas, demuestran que para un mismo nivel de esfuerzo el ejercicio de brazos provoca una frecuencia cardíaca, una presión arterial, una ventilación y un consumo de oxígeno mayor que el esfuerzo de piernas. En un estudio de Ries et al³³ en el que se realizaba un entrenamiento de los brazos se pudo observar que los pacientes presentaban una mejoría en la tolerancia al esfuerzo evaluada por una prueba de esfuerzo específica para estos músculos, así como una disminución en la percepción de disnea o de fatiga muscular. De este modo parece, pues, lógico incluir en todo programa de rehabilitación un entrenamiento dirigido a los músculos de los brazos, probablemente la eficacia de un entrenamiento se incrementará cuanto más global y completo sea éste.

Hace unos años, cuando empezaron a publicarse los resultados del entrenamiento específico de los músculos ventilatorios parecían mucho más esperanzadores que los obtenidos con el entrenamiento físico general; sin embargo, pronto se pudo constatar que este tipo de entrenamiento mejoraba básicamente los parámetros relacionados con estos músculos ($P_{I_{max}}$, $P_{E_{max}}$), ya que concretamente se conseguía una mejoría en la fuerza y resistencia de los mismos¹⁴⁻¹⁶, pero tampoco existían cambios en la función pulmonar y no se conseguía mejorar la tolerancia al esfuerzo medida por la prueba de los 6 minutos de marcha¹⁴ o por la prueba de esfuerzo progresiva. Recientemente, el grupo de Guyatt³⁴ ha publicado un metaanálisis del entrenamiento de los músculos ventilatorios y concluye que únicamente existe una pequeña evidencia de mejoría clínica de los pacientes sometidos a este entrenamiento y que ésta sólo se puede obtener si se consigue alcanzar una presión en boca adecuada. No haremos más énfasis sobre este tipo de entrenamiento ya que se estudia de forma más detallada en otro apartado de este monográfico.

Nuestra opinión coincide con la expresada por el grupo de Casaburi y Wasserman³¹, probablemente el efecto máximo se consigue con un entrenamiento específico de los músculos ventilatorios para mejorar la capacidad ventilatoria.

Programas de entrenamiento

No existen programas estandarizados de entrenamiento muscular, sino que cada grupo tiene unos criterios propios. En líneas generales hemos de remarcar que un programa de entrenamiento físico general debe cumplir las tres características básicas de todo entrenamiento: intensidad, frecuencia y duración suficientes para provocar una respuesta eficaz tanto a nivel muscular como cardiopulmonar.

Los métodos empleados varían de un grupo a otro, en general, se utilizan ergómetros (cinta rodante o cicloergómetro), aunque algunos utilizan únicamente paseos en terreno llano o subida de escaleras.

La intensidad del trabajo impuesto debe adecuarse a cada individuo, y se determina a partir del nivel de esfuerzo alcanzado en una prueba de ejercicio. En general, se establece un nivel de trabajo inicial que representa el 30-50 % del máximo alcanzado en la prueba o bien un 30-40 % del VO_{2max} .

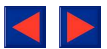
Casi todos los grupos de trabajo centran el período de entrenamiento en 4-12 semanas, siendo este último el ideal, con una frecuencia de tres a cinco veces por semana y una duración de 20 a 40 minutos cada sesión. Algunos grupos, como el de Carter²⁵, obtienen buenos resultados con períodos más cortos, de 11 días; sin embargo, utilizan dos sesiones diarias de 30 o 40 minutos. Lo ideal sería proseguir el entrenamiento durante toda la vida del paciente, pero esto parece imposible; es necesario crear una motivación lo suficientemente fuerte para que una vez finalizado el período establecido, el paciente continúe su actividad de forma regular de por vida, sea mediante un ergómetro o simplemente creándole el hábito de caminar diariamente un tiempo preestablecido.

A menudo es necesario proporcionar un aporte de oxígeno mientras se realiza el entrenamiento para mejorar la eficacia de esta terapéutica³⁵, y en ocasiones es imprescindible, sobre todo en los pacientes que presentan desaturación de la oxihemoglobina al esfuerzo como en pacientes con enfisema pulmonar.

Es importante, como ya hemos dicho, que se inicie el programa de entrenamiento cuando el paciente se encuentra en fase estable de su enfermedad y con la medicación adecuada para conseguir la máxima capacidad de esfuerzo que ésta le permite. Es importante también, en nuestra opinión, que el paciente previamente haya realizado un período de fisioterapia, para que haya aprendido a aprovechar al máximo su capacidad respiratoria.

En nuestro grupo realizamos, en general, un período de fisioterapia convencional durante 2 o 3 meses que incluye técnicas de ventilación y de drenaje (si precisa), paseos, subida de escaleras, etc., y posteriormente realizamos un período de 3 meses de entrenamiento con cicloergómetro, después de una prueba de esfuerzo, en sesiones de 30 minutos cada día de la semana, los fines de semana lo sustituimos por un paseo de al menos una hora en terreno llano.

En nuestra opinión y en nuestra experiencia cotidiana, el entrenamiento físico general, a pesar de las



controversias de la literatura, mejora la capacidad de esfuerzo del paciente, lo que le permite realizar con mayor facilidad las actividades de su vida cotidiana alcanzando una mayor autonomía y un mejor estado psicosocial, factores todos ellos difíciles de analizar por su subjetividad, pero que confiamos que la reciente introducción de los cuestionarios de calidad de vida nos permitirán cuantificar con mayor acierto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cox NJM, van Herwaarden CLA, Fogering H, Binkhorst RA. Exercise and training in patients with Chronic Obstructive lung disease. *Sports Medicine* 1988; 6:180-192.
2. Barach AL, Bickerman HA, Beck G. Advances in the treatment of non-tuberculosis pulmonary disease. *Bull NY Acad Med* 1952; 28:353-384.
3. Percival A, Punzal MD, Andrew L et al. Maximum intensity exercise training in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Chest* 1991; 100:618-623.
4. Carlson DJ, Andrew L, Ries MD et al. Prediction of maximum exercise tolerance in patients with COPD. *Chest* 1991; 100:307-311.
5. Celli BR, Rassulo MDJ, Make BJ. Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with Chronic Airflow Obstruction. *The N Engl J Med* 1986; 314:1.485-1.490.
6. Astrand PO, Rodahl K. Fisiología del trabajo físico. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana S.A., 1985.
7. Roussos CH, Macklem PT. Diaphragm fatigue in man. *J Appl Physiol* 1977; 43:189-197.
8. Macklem PT. Respiratory muscles: the vital Pump. *Chest* 1980; 78:753-758.
9. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance. *J Appl Physiol* 1976; 41:508-516.
10. Rochester DF, Braum MT. Determinants of maximal inspiratory pressure in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126:5-8.
11. Belman MJ, Mittman C. Ventilatory muscle training improves exercise capacity in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Am Rev Respir Dis* 1980; 273-280.
12. Belman MJ. Respiratory failure treated by ventilatory muscle training. *Eur J Respir Dis* 1981; 62:391-395.
13. Bjerre-Jepsen K, Secher NH, Kok-Jensen A. Inspiratory resistance training in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Respir Dis* 1981; 62:405-411.
14. 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.
15. Grassino A. Inspiratory muscle training in COPD patients. *Eur Respir J* 1989; 2(supl.7):581-586.
16. Vandevenne A, Ducolone A, Weitzemblem E. Entraînement des muscles respiratoires des sujets atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive. *Rev Pneumol Clin* 1984; 40:285-292.
17. Güell R. Resposta ventiladora i muscular a l'exercici en la malaltia respiratòria crònica. Tesis Doctoral. UAB 1991.
18. Petty TL. Ambulatory care for emphysema and chronic bronchitis. *Chest* 1970; 58:441-448.
19. Dunham JL, Hodgkin JE, Nichol J III et al. Cost effectiveness of pulmonary rehabilitation programs. En: Hodgkin JE, Zorn EG, Connors GL, editores. *Pulmonary rehabilitation: Guidelines to Success*. Boston: Butterworths, 1984.
20. Cockcroft AE, Sanders MJ, Berry G. Randomized controlled trial of rehabilitation in chronic respiratory disability. *Thorax* 1981; 36:200-203.
21. Hunt SM, McKenna SP, McEwen J, Backett EM, Williams J, Papp E. A quantitative approach to perceived health status: a validation study. *J Epidemiol and Community Health* 1980; 34:281-286.
22. Guyatt GH, Veldhuyzen Van Zanten SJO, Feeny DH, Patrick DL. Measuring quality of life in clinical trials: a taxonomy and review. *Canada* 1986. *Can Mes Ass J* 1989; 140:1.441-1.447.
23. Vyas MN, Banister EW, Morton JW, Grzybowski S. Response to exercise in patients with chronic airway obstruction. I Effects of exercise training. *Am Rev Respir Dis* 1971; 103:390-400.
24. Degre S, Sergysels R, Messin R et al. Hemodynamic responses to physical training in patients with chronic lung disease. *Am Rev Respir Dis* 1974; 110:395-402.
25. Carter R, Nicotra B, Clark L et al. Exercise conditioning in the rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil* 1988; 69:118-122.
26. Giménez M. Exercise training in patients with chronic airways obstruction. *Eur Respir J* 1989; 2(suppl.7):611-617.
27. Foster S, López D, Thomas HM. Pulmonary rehabilitation in COPD patients with elevated PCO₂. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138:1.515-1.523.
28. Pardy RL, Rivington RN, Despas PJ, Macklem PT. Inspiratory muscle training compared with physiotherapy in patients with chronic airflow limitation. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123:421-425.
29. Sahn SA, Nett LM, Petty TL. Ten year follow-up of a comprehensive rehabilitation program for severe COPD. *Chest* 1980; 77:311-314.
30. Swerts PMJ, Leonardus MD, Kretzers MJ et al. Exercise reconditioning in the rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease: A short- and long-term analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71:570-573.
31. Casaburi R, Wasserman K. Exercise training in pulmonary rehabilitation. *N Engl J Med* 1986; 314:1.509-1.511.
32. Clausen JP, Trap-Jensen J, Lassen NA. The effects of training on the heart rate during arm and leg exercise. *Scand J Clin Lab Invest* 1970; 26:295-301.
33. Ries AL, Ellis B, Hawkins RW. Upper extremity exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1988; 93:688-692.
34. Smith K, Cook d, Guyatt GH et al. Respiratory muscle training in chronic airflow limitation: A Meta-Analysis. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145:533-539.
35. Zack MB, Palange A. Oxygen supplemented exercise of ventilatory and nonventilatory rehabilitation. *Chest* 1985; 88:669-675.