

Reducció del cost ventilatori durant l'exercici en malalts pulmonars obstructius crònics (MPOC) mitjançant un programa de rehabilitació integral extrahospitalari i individualitzat

Reducción del coste ventilatorio durante el ejercicio en enfermos pulmonares obstructivos crónicos (EPOC) mediante un programa de rehabilitación integral extrahospitalario e individualizado

V. Alfaro; R. Torras; M.T. Prats, L. Palacios, J. Ibáñez
Departament de Fisiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona
Centre Mèdic d'Investigació de l'Exercici i Nutrició, Barcelona

RESUM

S'ha estudiat la capacitat de millora en la tolerància a l'exercici en malalts pulmonars obstructius crònics (MPOC) amb una limitada capacitat per fer exercici a causa de dispnea. S'ha realitzat durant un programa de rehabilitació individualitzat extrahospitalari basat en l'entrenament del llindar ventilatori (LV) i el control dietètic, en què hi van participar tretze pacients MPOC estables durant quatre mesos. El programa individualitzat va consistir en la realització d'exercicis generals en bicicleta a la freqüència cardíaca corresponent al LV, i també en entrenament de braços fent gimnàstica i rem, sempre amb un suport nutricional individualitzat. S'ha constatat que aquest programa de rehabilitació és capaç de millorar la tolerància a l'exercici en pacients MPOC estables afectats de dispnea d'esforç, a través d'una millora general del treball muscular, tant del múscul esquelètic com del respiratori. Per consegüent, els pacients MPOC amb un alt cost ventilatori durant la realització d'exercici poden obtenir un benefici significatiu gràcies a aquesta teràpia individualitzada.

Paraules clau

Malaltia pulmonar obstructiva crònica, rehabilitació pulmonar, llindar ventilatori.

RESUMEN

Se ha estudiado la capacidad de mejora en la tolerancia al ejercicio en enfermos pulmonares obstructivos crónicos (EPOC), cuya capacidad para realizar ejercicio estaba limitada por disnea, durante un programa de rehabilitación individualizado basado en entrenamiento a nivel del umbral ventilatorio (UV) y control dietético. 13 pacientes EPOC estables participaron en un programa de rehabilitación extrahospitalario durante 4 meses. El programa individualizado consistió en la realización de ejercicio general en bicicleta a la frecuencia cardíaca correspondiente al UV así como entrenamiento de brazos mediante gimnasia y remo, y siempre con un soporte nutricional individualizado. Se ha hallado que este programa de rehabilitación es capaz de mejorar la tolerancia al ejercicio en pacientes EPOC estables afectados de disnea de esfuerzo, a través de una mejora general del trabajo muscular tanto del músculo esquelético como del respiratorio. En consecuencia, pacientes EPOC con un alto coste ventilatorio durante la realización de ejercicio pueden obtener un beneficio significativo mediante esta terapia individualizada.

Palabras clave

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica; rehabilitación pulmonar; umbral ventilatorio.

Aquest estudi ha estat realitzat sota la financiació del projecte PB93-0740 de la DGICYT.

Este estudio ha sido realizado bajo la financiación del proyecto PB93-0740 de la DGICYT.

Introducció

La tolerància a l'exercici en malalts obstructius crònics (MPOC) està limitada per alteracions en la mecànica pulmonar que afecten l'intercanvi gasós a l'alvèol, però també per alteracions dels músculs respiratoris. A més, la dispnea és un símptoma habitual durant la realització d'un esforç màxim en molts pacients amb obstrucció pulmonar crònica (Belman, 1993; Jones i Killian, 1991). Amb tot, la identificació i intervenció precoç a través de programes de rehabilitació sembla la clau per alterar el curs degeneratiu d'aquesta malaltia (Petty, 1993). Diversos programes d'entrenament controlat han millorat la tolerància a l'exercici dels pacients MPOC (Belman, 1993; Vyas, Banister, Morton i Grzyjowski, 1971). Els beneficis d'alguns d'aquests programes s'han demostrat clarament a través de mesures metabòliques i respiratòries (Punzal, Ries, Kaplan, i Prewitt, 1991; Casaburi, Patessio, Ioli, Zanaboni, Donner i Wasserman, 1991; Mohsenifar, Horak, Brown i Koener, 1983; Foster, López i Thomas, 1988; Patessio, Carone, Ioli i Donner, 1992; Wijkstra, Van Altena, Kraan, Otten, Postma i Koëter, 1994; Madsen, Secher, Kay, Kok-Jensen i Rube, 1985; Belman i Kendregan, 1982). De tota manera, la disponibilitat i supervisió de programes de rehabilitació pulmonar extrahospitalaris pot estendre els seus beneficis a una major part de la població malalta (Petty, 1993).

La prescripció de la intensitat d'entrenament durant els programes de rehabilitació es basa sovint en percentatges empírics del consum d'oxigen màxim (V_{O_2} màx.) o de la freqüència cardíaca màxima (FC màx.) (Petty, 1993). Però la freqüència cardíaca corresponent al nivell metabòlic del LV—descriu per Wasserman, Whip, Koyal i Beaver, 1973—constitueix un índex adequat per marcar la intensitat de l'entrenament en pacients sans d'edat avançada (Massé-Biron, Ahmaidi, Adam, i Préfaut, 1993) i en pacients asmàtics (Varray, Mercier, Terral i Préfaut, 1991). El UV és anterior a un marcat increment de la ventilació i correspon a una intensitat de treball respiratori en la qual els pacients poden fer exercici sense que els aparegui sensació de dispnea. Per tant, l'optimització de la capacitat aeròbica a través de programes de rehabilitació individualitzats, realitzats amb càrregues de treball menors a les associades amb l'aparició d'hiperventilació, pot ser útil en la rehabilitació de pacients MPOC amb dispnea d'esforç. Malgrat tot, el LV depèn de nombrosos factors, com ara l'edat i les condicions físiques o patològiques, fet que implica que el LV hagi de ser considerat individualment en cadascú.

En aquest estudi hem determinat com es pot obtenir una millora fisiològica en pacients MPOC que presentaven una capacitat d'exercici limitada sobretot per dispnea. I ho hem fet a través d'un programa de rehabilitació individualitzat i integral que va incloure entrenament del LV a casa del pacient, a

Introducción

La tolerancia al ejercicio en enfermos pulmonares obstructivos crónicos (EPOC) está limitada por alteraciones en la mecánica pulmonar que afectan al intercambio gaseoso en el alvéolo, pero también por alteraciones de los músculos respiratorios. Además, la disnea es un síntoma habitual durante la realización de un esfuerzo máximo en muchos pacientes con obstrucción pulmonar crónica (Belman, 1993; Jones y Killian, 1991). Sin embargo, la identificación e intervención temprana a través de programas de rehabilitación parece ser la clave para alterar el curso degenerativo de esta enfermedad (Petty, 1993). Varios programas de entrenamiento controlado han mostrado mejora en la tolerancia al ejercicio en pacientes EPOC (Belman, 1993; Vyas, Banister, Morton y Grzyjowski, 1971). Los beneficios de algunos de estos programas han sido claramente mostrados a través de medidas metabólicas y respiratorias (Punzal, Ries, Kaplan, y Prewitt, 1991; Casaburi, Patessio, Ioli, Zanaboni, Donner y Wasserman, 1991; Mohsenifar, Horak, Brown y Koener, 1983; Foster, López y Thomas, 1988; Patessio, Carone, Ioli y Donner, 1992; Wijkstra, Van Altena, Kraan, Otten, Postma y Koëter, 1994; Madsen, Secher, Kay, Kok-Jensen y Rube, 1985; Belman y Kendregan, 1982). Sin embargo, la disponibilidad y supervisión de programas de rehabilitación pulmonar extrahospitalarios puede extender sus beneficios a una mayor parte de la población enferma (Petty, 1993).

La prescripción de la intensidad de entrenamiento durante los programas de rehabilitación se basa habitualmente en porcentajes empíricos del consumo de oxígeno máximo (V_{O_2} máx.) o de la frecuencia cardíaca máxima (FC máx.) (Petty, 1993). Sin embargo, la frecuencia cardíaca correspondiente al nivel metabólico del umbral ventilatorio (UV), descrito por Wasserman, Whipp, Koyal y Beaver (1973), ha mostrado ser un índice adecuado para marcar la intensidad de entrenamiento en pacientes sanos de avanzada edad (Massé-Biron, Ahmaidi, Adam, y Préfaut, 1993) así como en pacientes asmáticos (Varray, Mercier, Terral y Préfaut, 1991). El UV precede a un marcado incremento en la ventilación y corresponde a una intensidad de trabajo respiratorio en la cual los pacientes pueden realizar ejercicio sin aparecer sensación de disnea. Por lo tanto, la optimización de la capacidad aeróbica a través de programas de rehabilitación individualizados, realizados con cargas de trabajo menores a aquellas asociadas con la aparición de hiperventilación, puede ser útil en la rehabilitación de pacientes EPOC con disnea de esfuerzo. Sin embargo, el UV depende de numerosos factores (p. ej. la edad y las condiciones físicas y patológicas), lo cual implica que el UV debe ser considerado de un modo individual en cada persona. En el presente estudio hemos determinado en que modo se puede obtener una mejora fisiológica en pacientes EPOC que presentaban su

més de control dietètic personalitzat i basat en un estudi metabòlic per calorimetria indirecta.

Mètodes

Pacients

Vam seleccionar per a l'estudi un grup de tretze pacients (homes entre 65 i 83 anys) MPOC estables, que van ser assistits a la nostra unitat respiratòria durant més d'un any. Tots mostraven dispnea d'esforç com a factor limitant de l'exercici més comú, associat, en la majoria dels casos, amb símptomes de fatiga muscular perifèrica. Els pacients van ser avaluats en l'escala Sadoul com a classe 1 a 2: la dispnea només es produïa durant esforços superiors als de la vida habitual (Sadoul, 1983). A més, els pacients van demostrar una alta homogeneïtat antropomètrica i espiromètrica. Es va mesurar el plec cutani a l'altura del tríceps a la part posterior del braç dominant (skinfold caliper, Holtain), per tenir una estimació de les reserves de greix subcutani. La circumferència del braç es va mesurar en el mateix punt i es va calcular la circumferència muscular, a fi de reflectir la massa de múscul esquelètic. A cada pacient se li va avaluar l'índex de massa corporal (pes/altura,² kg/m²). El pes ideal es va prendre a partir de taules de referència estàndard. Les característiques dels pacients es poden observar a la Taula 1.

capacidad de ejercicio limitada principalmente por disnea, a través de un programa de rehabilitación individualizado e integral que incluyó entrenamiento en casa del paciente al nivel del UV así como control dietético individualizado y basado en un estudio metabólico por calorimetria indirecta.

Métodos

Pacientes

Un grupo de 13 pacientes (varones, rango de edad 65-83 años) EPOC estables, que eran asistidos en nuestra unidad respiratoria durante más de 1 año, fueron seleccionados para el estudio. Todos ellos mostraban disnea de esfuerzo como factor limitante del ejercicio más común, asociado en la mayoría de casos con síntomas de fatiga muscular periférica. Los pacientes fueron evaluados en la escala de Sadoul como clase 1 a 2: la disnea ocurría sólo durante esfuerzos superiores a los de la vida habitual (Sadoul, 1983). Además, los pacientes mostraron una alta homogeneidad antropométrica y espirométrica. Se midió el pliegue cutáneo a la altura del tríceps, a fin de tener una estimación de las reservas de grasa subcutáneas, en la parte posterior del brazo dominante (skinfold caliper, Holtain). La circunferencia del brazo fue medida en el mismo punto y se calculó la circunferencia muscu-

	Antes	Después
Edad, años	70 ± 8	---
Altura, cm	165,3 ± 6,3	---
Peso, kg	69,3 ± 15,2	65,5 ± 12,7*
BMI, kg/m ²	25,1 ± 3,7	23,8 ± 3,2
IBW, %	111 ± 16	106 ± 15
TSF, mm	18,9 ± 5,8	13,8 ± 3,4*
MAMC, cm	22,3 ± 3,8	24,4 ± 3,2

Les dades presentades són la mitjana ± DS. n = 13 pacients. BMI: índex de massa corporal; IBW: pes corporal ideal; TSF: plec cutani en tríceps; MAMC: diàmetre muscular. *p<0.05 vs valors abans de la rehabilitació.

Los datos presentados son la media ± DS. n = 13 pacientes. BMI: índice de masa corporal; IBW: peso corporal ideal; TSF: pliegue cutáneo en tríceps; diámetro muscular. *p<0.05 vs valores antes de la rehabilitación.

Taula 1. Característiques dels subjectes estudiats abans i després del programa de rehabilitació.

Tabla 1. Características de los sujetos estudiados antes y después del programa de rehabilitación.

La diagnosi de MPOC es va basar en el criteri de l'American Thoracic Society (1987) Cap pacient va presentar evidència d'asma (increment en VEMS < 10% després d'haver aplicat 200 µg de salbutamol mitjançant aerosol). Els subjectes presentaven un historial de tos amb producció d'esput. El grau d'obstrucció de les vies aèries va ser classificat entre moderat i sever (American Thoracic Society, 1986). A més, els pacients estaven en un estat estacionari de la malaltia abans de l'estudi, definit per l'absència d'infecció bronquial, disfunció del ventricle dret, o deteriorament recent de vasos sanguinis. Altres patologies que podrien alterar la prognosi de MPOC no van ser detectades. Tots els pacients van ser informats i consentiren a participar en el programa de rehabilitació.

Mesures

Es van dur a terme proves espiromètriques abans de cada prova d'esforç (Cardiopulmonary Exercise Test CPX, MedGraphics). La ventilació voluntària màxima (MVV) es va calcular multiplicant el VEMS per 37.5 (Carter, Peavler, Zinkgraf, Williams i Fields, 1987). També es van fer gasometries en estat de repòs (ABL30, Radiometer). Inmediatament després, els tretze participants van fer una prova d'esforç en una ergòmetre amb fre electromagnètic (Ergometrics-900, Ergoline). Després de 3 minuts de repòs, es va anar incrementant la potència gradualment 5-10 W cada minut (tipus rampa), segons el VEMS trobat, fins a la tolerància màxima del pacient, assenyalada per la incapacitat de mantenir el pedaleig sobre 50 rpm. Es va enregistrar a través d'un sistema automatitzat (CPX, MedGraphics) que computà els paràmetres ventilatoris i cardiovasculars durant la prova. Així mateix, es va tenir un registre electrocardiogràfic continu (Monacor ELM3, Ergoline) i la mesura de la freqüència cardíaca per telemetria (Pulse-monitor el-1000, Ergoline). Va determinar-se el lactat sanguini a través de l'extracció de mostres (20 µl) i la seva anàlisi per mètode enzimàtic (Boehringer, Mannheim). El llindar ventilatori (LV) de cada pacient va determinar-se al primer punt de la ruptura del pendent V_E/V_{O_2} (Wasserman i al., 1973; Massé-Biron i al., 1993). Totes les proves van repetir-se en cada subjecte després de completar el programa de rehabilitació.

Programa de rehabilitació

El programa de rehabilitació va consistir en sessions d'entrenament a realitzar a casa del pacient, incloent-hi exercici aeròbic, *stretching* per millorar la musculatura perifèrica, així com la prescripció d'una orientació dietètica controlada mèdicament. A més, es va dur a terme teràpia respiratòria, educació i assessorament del progés del pacient. El nivell d'exercici es va graduar segons un protocol

lar, a fin de reflejar la masa de músculo esquelético. El índice de masa corporal (peso/altura,² kg/m²) fue calculado para cada paciente. El peso ideal fue calculado a partir de tablas de referencia standard. Las características de los pacientes se muestran en la Tabla 1.

La diagnosis de EPOC se basó en el criterio de la American Thoracic Society (1987). Ningún paciente presentó evidencia de asma (incremento en VEMS < 10% después de aplicar 200 µg de salbutamol mediante aerosol). Los sujetos presentaban un historial de tos con producción de esputo. El grado de obstrucción de las vías aéreas fue clasificado entre moderado y severo (American Thoracic Society, 1986). Además, los pacientes se hallaban en un estado estacionario de la enfermedad antes del estudio, definido por ausencia de infección bronquial, disfunción del ventrículo derecho, o reciente deterioro de gases sanguíneos. Otras patologías que pudieran alterar la prognosi de EPOC no fueron detectadas. Todos los pacientes fueron informados y consintieron en participar en el programa de rehabilitación.

Medidas

Se realizaron pruebas espirométricas antes de cada prueba de esfuerzo (Cardiopulmonary Exercise Test CPX, MedGraphics). La máxima ventilación voluntaria (MVV) se calculó multiplicando el VEMS por 37.5 (Carter, Peavler, Zinkgraf, Williams y Fields, 1987). También se hicieron gasometrías en estado de reposo (ABL30, Radiometer). Inmediatamente después, los 13 participantes realizaron una prueba de esfuerzo en un ergómetro con freno electromagnético (Ergometrics-900, Ergoline). Después de 3 min. de reposo, se fue incrementando la potencia gradualmente 5-10 W cada minuto (tipo rampa), dependiendo del VEMS hallado, hasta la tolerancia máxima del paciente, señalada por la incapacidad de mantener el pedaleo sobre 50 rpm. Se realizó el registro a través de un sistema automatizado (CPX, MedGraphics) que computó los parámetros ventilatorios y cardiovasculares durante la prueba. Asimismo, se tuvo un registro electrocardiográfico continuo (Monacor ELM3, Ergoline) y la medida de la frecuencia cardíaca por telemetría (Pulse-monitor el-1000, Ergoline). Se determinó el lactato sanguíneo a través de la extracción de muestras (20 µl) y su análisis por método enzimático (Boehringer, Mannheim). El umbral ventilatorio (UV) de cada paciente se determinó en el primer punto de ruptura de la pendiente V_E/V_{O_2} (Wasserman y al., 1973; Massé-Biron y al., 1993). Todas las pruebas se repitieron en cada sujeto después de completar el programa de rehabilitación.

Programa de rehabilitación

El programa de rehabilitación consistió en sesiones de entrenamiento a realizar en el hogar del

	Abans	Després
CVF, l	2,10 ± 0,61	2,48 ± 0,59*
CVF, %pred	69,2 ± 21,7	82,9 ± 25,1*
VEMS, //sec	0,92 ± 0,30	1,14 ± 0,50*
VEMS, %pred	39,7 ± 14,8	47,2 ± 14,8*
FEF _{25-75%} , l	0,42 ± 0,36	0,44 ± 0,31
FEF _{25-75%} , %pred	16,0 ± 12,7	17,0 ± 9,1
VEMS/CVF, %	46,8 ± 10,8	44,8 ± 11,6

Les dades presentades són la mitjana ± DS. CVF: capacitat vital forçada; VEMS: volum expirat màxim en un segon; FEF_{25-75%}: flux expiratori forçat entre 25 i 75% CVF. *p<0.05 vs valors abans de la rehabilitació.

Los datos presentados son la media ± DS. CVF: capacidad vital forzada; VEMS: volumen expirado máximo en un segundo; FEF_{25-75%}: flujo expiratorio forzado entre 25 y 75% CVF. *p<0.05 vs valores antes de la rehabilitación.

Taula 2. Funció pulmonar en repòs abans i després del programa de rehabilitació.

Tabla 2. Función pulmonar en reposo antes y después del programa de rehabilitación.

individualitzat. La intensitat d'exercici durant l'entrenament –considerant que tots els pacients presentaven limitació ventilatòria i que no hi havia evidència d'una acidosi metabòlica significativa– es va graduar d'acord a la freqüència cardíaca corresponent al nivell metabòlic del LV, determinat a la prova d'esforç prèvia (Massé-Biron i al., 1993). L'entrenament general va fer-se en bicicleta (una sessió diària de 30 min.) i l'entrenament de braços i tronc a través de sessions de gimnàstica i rem (15 min. diaris). Quan la saturació arterial d'O₂ (Sa_{o2}) era inferior al 90% (6 pacients), se'ls va administrar O₂ suplementari. El flux va ajustar-se per tal d'obtenir una saturació adequada, comprovada mitjançant oximetria de pols en el lòbul de l'orella (Oheda, Biox, 3700e). Al començament del programa, es van prescriure dues sessions diàries de 15 min. en bicicleta (una al matí i una altra a la tarda) als casos que presentaven una limitació més gran a l'exercici. Tanmateix, tots els subjectes va fer finalment una sessió diària de 30 min. A causa de la dificultat de mantenir un pols estable, les fluctuacions en la FC d'entrenament de ± 5 batecs/min.⁻¹ van ser acceptades. Una alarma informava el pacient quan la FC d'entrenament no arribava o sobrepassava els límits establerts. El control de la intensitat (FC mitjana) i el temps d'exercici va ser motoritzat (el 1000, Ergoline). Els pacients es van sotmetre a un reconeixement mèdic mensual i la rehabilitació va

paciente, incluyendo ejercicio aeróbico, stretching a fin de mejorar la musculatura periférica, así como la prescripción de una orientación dietética controlada médicamente. Además, se realizó terapia respiratoria, educación y asesoramiento del progreso del paciente. El nivel de ejercicio se graduó de acuerdo con un protocolo individualizado. La intensidad de ejercicio durante el entrenamiento, considerando que todos los pacientes presentaban limitación ventilatoria y que no había evidencia de una acidosis metabólica significativa, fue graduada de acuerdo con la frecuencia cardíaca correspondiente al nivel metabólico del UV, determinado en la prueba de esfuerzo previa (Massé-Biron y al., 1993). El entrenamiento general se realizó en bicicleta (una sesión diaria de 30 min.) y el entrenamiento de brazos y tronco se realizó a través de sesiones de gimnasia y remo (15 min. diarios). Cuando la saturación arterial de O₂ (Sa_{o2}) caía por debajo del 90% (6 pacientes), se administró O₂ suplementario. El flujo se ajustó a fin de obtener una adecuada saturación, comprobada mediante oximetría de pulso en el lóbulo de la oreja (Oheda, Biox, 3700e). En los casos que presentaban mayor limitación al ejercicio, al principio del programa se prescribió 2 sesiones diarias de 15 min. en bicicleta (una por la mañana y otra por la tarde). Sin embargo, todos los sujetos realizaron finalmente una sesión diaria de 30 min. Debido a la

durar quatre mesos. En cada pacient el tractament farmacològic individual es va mantenir constant. Malgrat tot, no es van administrar broncodilatadors 12 hores abans de les proves.

Anàlisi estadística

Es va aplicar un test de Student aïllat per comparar les dades obtingudes abans i després del programa de rehabilitació. Les diferències es van considerar significatives quan $P < 0.05$.

Resultats

Tots els pacients van completar el programa de rehabilitació sense cap exacerbació de la malaltia ni van presentar cap símptomes d'altres patologies durant el període estudiat. La majoria dels pacients mostrava un índex de massa corporal normal per a la seva edat, però tenien un lleuger sobrepes. Després de la rehabilitació hi va haver una reducció significativa del pes corporal, incloent-hi una pèrdua de greix corporal i un lleuger augment de la massa muscular, encara que estadísticament no va ser significatiu (Taula 1).

Van aparèixer alguns canvis significatius a les proves espiromètriques de repòs després de la rehabilitació. La CVF va incrementar-se un 13,7% i el VEMS un 7,5% respecte al valor inicial. No obstant això, els altres paràmetres no van variar. Aquesta millora espiromètrica no va anar acompanyada de canvis en els vasos sanguinis, que van mostrar valors similars als trobats abans de la rehabilitació ($P_{a_{O_2}} = 9,6 \pm 2,1$ kPa, $P_{a_{CO_2}} = 5,7 \pm 1,1$ kPa, i $pH = 7,40 \pm 0,04$). D'aquesta manera, els pacients patien una lleugera hipoxèmia i normocàpnia en repòs.

Tots els pacients mostraven un increment en la tolerància a l'exercici, encara que les proves d'esforç sempre van estar limitades per sensació de dispnea i en alguns casos per fatiga muscular perifèrica. La Taula 3 exposa els valors principals cardiorespiratoris a la màxima potència aconseguida. Van aparèixer increments significatius en el temps d'exercici, màxima potència aconseguida, V_{O_2} màx., V_{CO_2} màx. i pols d' O_2 , v_{O_2} i v_{CO_2} van incrementar-se d'una manera paral·lela, mantenint constant el quocient respiratori (QR). El lactat arterial va tenir una mitjana de valors inferiors a 3 mEq/l, tant abans com després de la rehabilitació. Per tant, encara que no es van trobar canvis estadísticament significatius per a l'equivalent ventilatori d' O_2 i CO_2 (V_E/V_{O_2} i V_E/V_{CO_2} respectivament), els valors mitjans van ser menors després de la rehabilitació. Com es pot observar a les Figueres 1 i 2, els valors màxims de V_E/V_{O_2} i V_E/V_{CO_2} van davallar més en aquells pacients amb un alt cost ventilatori, indicat per majors valors abans de la rehabilitació. La sang arterial va sofrir una petita dessaturació durant la realització d'exercici i no es va observar millora després del programa (Taula 3). Malgrat tot,

dificultat de mantenir un pulso estable, fluctuacions en la FC de ± 5 latidos, min.⁻¹ fueron aceptadas. Una alarma informaba al paciente cuando a FC de entrenamiento no alcanzaba o sobrepasaba los límites establecidos. El control de la intensidad (FC media) y el tiempo de ejercicio fue monitorizado (el 1000, Ergoline) Se sometieron los pacientes a un chequeo mensual y la rehabilitación duró 4 meses. En cada paciente, el tratamiento farmacológico individual se mantuvo constante. Sin embargo, no se administraron broncodilatadores 12 h antes de las pruebas.

Análisis estadístico

Se aplicó un test de Student apareado para comparar los datos obtenidos antes y después del programa de rehabilitación. Las diferencias se consideraron significativas cuando $P < 0.05$.

Resultados

Todos los pacientes completaron el programa de rehabilitación sin ninguna exacerbación de la enfermedad o síntomas de otras patologías durante el período estudiado. Los pacientes mostraron un índice de masa corporal normal para su edad. No obstante, presentaban un ligero sobrepeso. Después de la rehabilitación, se observó una reducción significativa del peso corporal, incluyendo pérdida de grasa corporal y un ligero aumento de la masa muscular, aunque estadísticamente no significativo (Tabla 1).

Aparecieron algunos cambios significativos en las pruebas espirométricas de reposo tras la rehabilitación. La CVF incrementó un 13,7% y el VEMS un 7,5% respecto al valor inicial. No obstante, los otros parámetros no variaron. Esta mejora espirométrica no se acompañó de cambios en los gases sanguíneos, que mostraron valores similares a los hallados antes de la rehabilitación ($P_{a_{O_2}} = 9,6 \pm 2,1$ kPa, $P_{a_{CO_2}} = 5,7 \pm 1,1$ kPa, y $pH = 7,40 \pm 0,04$). De este modo, los pacientes mostraban una ligera hipoxemia y normocapnia en reposo.

Todos los pacientes mostraron un incremento en la tolerancia al ejercicio, aunque las pruebas de esfuerzo siempre fueron limitadas por sensación de disnea y en algunos casos por fatiga muscular periférica. Los principales valores cardiorespiratorios a la máxima potencia alcanzada se muestran en la Tabla 3. Aparecieron incrementos significativos en el tiempo de ejercicio, máxima potencia alcanzada, V_{O_2} máx., V_{CO_2} máx., volumen tidal máximo y pulso de O_2 , v_{O_2} i v_{CO_2} incrementaron de modo paralelo, manteniendo constante el cociente respiratorio (CR). El lactato arterial promedió valores menores a 3 mEq/l, tanto antes como después de la rehabilitación. Los valores de V_E presentaron tendencia a aumentar. Por lo tanto, aunque no se hallaron cam-

	Antes	Después
Tiempo de ejercicio, min	7,1 ± 2,1	9,2 ± 1,5*
Potencia, W	63,2 ± 28,7	82,0 ± 43,0*
V _{O₂} , ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹	10,7 ± 4,9	14,6 ± 4,7*
V _{O₂} , ml.min ⁻¹	742 ± 342	972 ± 419
V _{CO₂} , ml.min ⁻¹	701 ± 386	840 ± 345*
CR	0,94 ± 0,15	0,93 ± 0,11
V _E , l.min ⁻¹	32,4 ± 11,1	37,9 ± 13,3
V _E /V _{O₂}	51,4 ± 23,3	41,0 ± 9,9
V _E /V _{CO₂}	57,0 ± 32,1	44,9 ± 9,8
V _E /MVV, %	92,8 ± 20,2	96,1 ± 19,1
V _T en reposo, ml	620 ± 150	681 ± 206
V _T màx, ml	980 ± 279	1309 ± 447*
FR, ciclos.min ⁻¹	34 ± 8	30 ± 10
FC, latidos.min ⁻¹	118 ± 15	116 ± 20
Pulso de O ₂	6,7 ± 3,3	8,3 ± 3,3*
SaO ₂ en reposo, %	94,1 ± 1,5	94,3 ± 2,4
SaO ₂ en ej. màx, %	91,2 ± 4,2**	90,5 ± 5,0 **
P _{ET} O ₂ , kPa	14,6 ± 1,5	14,6 ± 1,3
P _{ET} CO ₂ , kPa	5,0 ± 1,1	5,5 ± 0,8

Les dades presentades són la mitjana ± DS. V_{O₂}: consum d'O₂; V_{CO₂}: producció de CO₂; CR: quocient respiratori; V_E: ventilació minut; MVV: màxima ventilació voluntària; V_T: volum tidal; FR: freqüència respiratòria; FC: freqüència cardíaca. *p<0.05 vs valors abans de la rehabilitació; **p<0.05 vs Sat O₂ en repòs.

Los datos presentados son la media ± DS. V_{O₂}: consumo de O₂; V_{CO₂}: producción de CO₂; CR: cociente respiratorio; V_E: ventilación minuto; MVV: máxima ventilación voluntaria; V_T: volumen tidal; FR: frecuencia respiratoria; FC: frecuencia cardíaca. *p<0.05 vs valores antes de la rehabilitación; **p<0.05 vs Sat O₂ en reposo.

Taula 3 Valors cardiorespiratoris en exercici màxim abans i després del programa de rehabilitació.

Tabla 3. Valores cardiorespiratorios en ejercicio máximo antes y después del programa de rehabilitación.

hem observat que amb un temps de rehabilitació superior, alguns pacients podien prescindir de l'administració suplementària d'O₂.

Discussió

Aquest estudi presenta una millora general en la tolerància a l'exercici en pacients MPOC estables després d'un programa de rehabilitació pulmonar realitzat a casa del pacient, el qual va incloure orientació dietètica personalitzada, a més d'un programa d'entrenament individualitzat basat en el treball a potències properes al llindar ventilatori. Igualment,

bios estadísticamente significativos para el equivalente ventilatorio de O₂ y CO₂ (V_E/V_{O₂} y V_E/V_{CO₂} respectivamente), los valores medios fueron menores después de la rehabilitación. Como puede observar en las Figuras 1 y 2 los valores máximos de V_E/V_{O₂} y V_E/V_{CO₂} descendieron más en aquellos pacientes con un alto coste ventilatorio, indicado por mayores valores antes de la rehabilitación. La sangre arterial mostró una pequeña desaturación durante la realización de ejercicio y no se observó mejora después del programa (Tabla 3). Sin embargo, hemos observado que a mayores tiempos de rehabilitación, algunos pacientes podían prescindir de la administración suplementaria de O₂.

els pacients van manifestar una notable reducció de la fatiga diària i una millora de la qualitat de vida. És evident que la MPOC limita la capacitat de realitzar exercici (Belman, 1993) i que aquesta limitació porta el pacient a una espiral de deteriorament. Per això, un dels principals objectius d'un programa de rehabilitació ha de ser detenir aquest decaïment. Els valors de \dot{V}_{O_2} màx. trobats en aquest estudi estan en el rang 10-15 ml kg^{-1}/min^{-1} . Per una altra banda, en persones d'edat similar i no entrenades, s'han trobat valors més grans, sobre 25 ml kg^{-1}/min^{-1} (Ford, Blaschke, Wiswell i Hoffman, 1993). L'estudi de la reserva ventilatòria durant proves d'esforç ajuda a revelar si la dispnea d'esforç en pacients és el resultat d'alteracions cardíacques o respiratòries (Messner-Pellenc, Ximenes, Brasileiro, Mercier, Grolleau i Préfaut, 1994). Com es pot veure a la Taula 3, la reserva ventilatòria va ser superior al 70%, la qual cosa indica que la realització d'exercici estava limitada per alteracions ventilatòries i no cardiovasculars. De fet, s'han trobat valors superiors al 100% en malalts amb MPOC de moderats a severos (Punzal et al., 1991).

Discusión

Este estudio muestra una mejora general en la tolerancia al ejercicio en pacientes EPOC estables después de un programa de rehabilitación pulmonar realizado en casa del paciente, el cual incluyó orientación dietética personalizada así como un programa de entrenamiento individualizado basado en el trabajo a potencias cercanas al umbral ventilatorio. Además, los pacientes mostraron una notable reducción de la fatiga diaria y una mejora de la calidad de vida. Se conoce bien que la EPOC limita la capacidad de realizar ejercicio (Belman, 1993). Esta limitación conduce al paciente a una espiral de deterioro y uno de los principales objetivos de un programa de rehabilitación por entrenamiento ha de ser detener este decaimiento. Los valores de \dot{V}_{O_2} máx. hallados en este estudio están en el rango 10-15 ml $kg^{-1} min^{-1}$. Mayores valores, sobre 25 ml $kg^{-1} min^{-1}$, han sido hallados en personas de edad similar y no entrenadas (Ford, Blaschke, Wiswell y Hoffman, 1993). El estudio de la reserva ventilatoria durante pruebas de esfuerzo ayuda a revelar si la

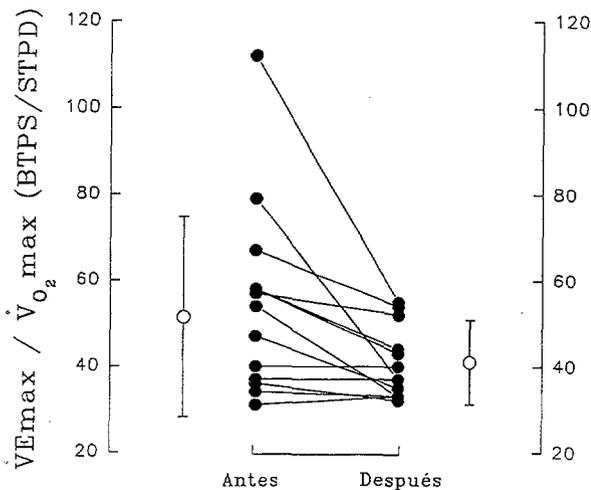


Figura 1. Equivalent ventilatori màxim per a l'O₂ (V_E/V_{O_2}) abans i després del programa de rehabilitació. Els cercles oberts són les mitjanes dels grups respectius.

Figura 1. Equivalente ventilatorio máximo para el O₂ (V_E/V_{O_2}) antes y después del programa de rehabilitación. Los círculos abiertos son las medias de los respectivos grupos.

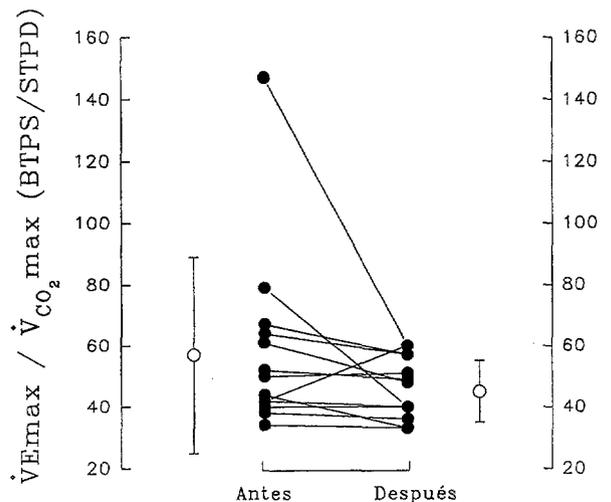


Figura 2. Equivalent ventilatori màxim per al CO₂ (V_E/V_{CO_2}) abans i després del programa de rehabilitació. Els cercles oberts són les mitjanes dels grups respectius.

Figura 2. Equivalente ventilatorio máximo para el CO₂ (V_E/V_{CO_2}) antes y después del programa de rehabilitación. Los círculos abiertos son las medias de los respectivos grupos.

Es poden argumentar diferents raons per a la millora en la tolerància a l'exercici trobada. Una podria ser un increment de força als músculs esquelètics i/o respiratoris, que conduiria a un menor estrès durant l'exercici. Ha estat suggerit prèvia-

disnea de esfuerzo en pacientes es debida a alteraciones cardíacas o respiratorias (Messner-Pellenc, Ximenes, Brasileiro, Mercier, Grolleau y Préfaut, 1994). Como puede observarse en la Tabla 3, la reserva ventilatoria fue mayor del 70%, indicando

ment que la rehabilitació pulmonar ha de ser con-
duïda en termes ergonòmics. O sigui, incrementar
l'eficiència del múscul millorant el treball a un ma-
teix nivell de consum d'O₂ (Folgering i Herwaarden,
1993). Els pacients amb MPOC manifesten molt
sovint una musculatura respiratòria debilitada (Bel-
man, 1993). Malgrat l'èmfasi en la millora de la me-
cànica ventilatòria a través de programes d'entre-
nament de la musculatura respiratòria (Goldstein,
1993), la fatiga perifèrica és també responsable de
la intolerància a l'exercici en un alt nombre de
pacients MPOC (Belman, 1993; Killian, LeBlanc,
Martin, Summers, Jones y Campbell, 1992). L'en-
trenament per exercici ha estat suggerit com una
via de reducció de l'acidosi metabòlica, alhora que
també redueix la dispnea d'esforç (Casaburi, 1992).
No obstant això, hi ha evidències que l'acidosi me-
tabòlica durant l'exercici pot aparèixer només en
pacients amb poc desenvolupament de la malaltia
(Punzal i al., 1991; Casaburi, 1992). Els pacients es-
tudiats estaven situats entre MPOC moderat i se-
ver. La millora en la seva capacitat aeròbica no va
semblar correspondre's amb una reducció aparent
del metabolisme anaeròbic durant l'exercici, tal
com indiquen els valors de quocient respiratori
menors d'un.

Sovint no es considera que molts pacients en
centres de rehabilitació pulmonar poden presentar
sobrepes, a més de malnutrició. En aquest estudi,
ultra l'entrenament per exercici, es va dur a terme
un control inicial del metabolisme i una supervisió
dietètica constant. S'ha demostrat que una provi-
sió adequada de calories i proteïnes, ajustada als
requeriments metabòlics, pot conduir a una millora
de la força dels músculs respiratoris i perifèrics en
MPOC (Rogers, Donahoe i Constantino, 1992). En
aquest treball els resultats de la combinació d'en-
trenament i suport nutricional es reflecteixen en la
reducció d'excés de pes, descens de la massa
grassa i increment de la massa muscular. Normal-
ment s'accepta que el cost respiratori està subs-
tancialment incrementat en pacients MPOC; en
canvi, la seva capacitat per realitzar aquest treball
disminueix per diverses causes, entre les quals
algunes són mecàniques, com ara l'hiperinflament.
Tot això podria estar relacionat amb la funció de la
musculatura respiratòria i, per tant, amb la dispnea
i les limitacions en la realització d'exercici (Mess-
ner-Pellenc i al., 1994). Els pacients que es troben
limitats ventilatòriament poden beneficiar-se direc-
tament d'una estratègia dirigida a reduir la ventila-
ció requerida per a un nivell determinat d'exercici.
Molts estudis han arribat a resultats negatius pel
que fa a la millora del V_E màx. després d'un progra-
ma d'entrenament general. L'augment de l'incres-
ment descrit (3,5 L·min⁻¹) (Christie, 1968) és menor
que el trobat en el present estudi (5,5 L·min⁻¹),
encara que el nostre resultat no és significatiu esta-
dísticament. Per arribar a un major V_E, els pacients
amb MPOC estan obligats a incrementar el seu

así que la realització de exercici estava limitada
por alteraciones ventilatorias y no cardiovascula-
res. De hecho, se han hallado en enfermos EPOC
moderados a severos valores superiores al 100%
(Punzal y al., 1991).

Se puede argumentar diferentes razones para la
mejora en la tolerancia al ejercicio hallada. Una pue-
de ser un incremento de fuerza en músculos esque-
léticos y/o respiratorios, conduciendo a un menor
stress durante el ejercicio. Ha sido sugerido previa-
mente que la rehabilitación pulmonar debe ser con-
ducida en términos ergonómicos. Esto es, incremen-
tar la eficiencia del músculo mejorando el trabajo a
un mismo nivel de consumo de O₂ (Folgering y Her-
waarden, 1993). Los pacientes EPOC muestran a
menudo una musculatura respiratoria debilitada (Bel-
man, 1993). A pesar del énfasis dado en mejorar la
mecánica ventilatoria a través de programas de en-
trenamiento de la musculatura respiratoria (Goldstein,
1993), la fatiga periférica es también responsable de
la intolerancia al ejercicio en un alto número de
pacientes EPOC (Belman, 1993; Killian, LeBlanc,
Martin, Summers, Jones y Campbell, 1992). El en-
trenamiento por ejercicio ha sido sugerido como una
vía de reducir la acidosis metabólica, reduciendo
también la disnea de esfuerzo (Casaburi, 1992). Sin
embargo, hay evidencias de que la acidosis metabó-
lica durante el ejercicio puede aparecer sólo en pa-
cientes con poco desarrollo de la enfermedad (Punzal
y al., 1991; Casaburi, 1992). Los pacientes estudia-
dos se situaban entre EPOC moderada y severa y la
mejora de la capacidad aeróbica no pareció corres-
ponder con una reducción aparente del metabolismo
anaeróbico durante el ejercicio, como indican los
valores de cociente respiratorio menores a uno.

A menudo no se considera que muchos pacientes
en centros de rehabilitación pulmonar pueden pre-
sentar sobrepeso junto con malnutrición. En este es-
tudio, además del entrenamiento por ejercicio, se
realizó un control inicial del metabolismo y una su-
pervisión dietética constante. Se ha demostrado que
una provisión adecuada de calorías y proteínas,
ajustada a los requerimientos metabólicos, puede
conducir a una mejora de la fuerza de músculos res-
piratorios y periféricos en EPOC (Rogers, Donahoe y
Constantino, 1992). En el presente estudio, los resul-
tados de la combinación de entrenamiento y apoyo
nutricional se ven reflejadas en la reducción de ex-
ceso de peso, descenso de masa grasa e incremen-
to de masa muscular. Normalmente, se acepta que
el coste respiratorio está sustancialmente incremen-
tado en pacientes EPOC, mientras que su capaci-
dad para realizar este trabajo está disminuida por di-
versas causas, entre ellas algunas mecánicas tales
como hiperinflación. Todo ello puede estar ligado a
la función de la musculatura respiratoria, y por tanto,
a la disnea y a las limitaciones en la realización de
ejercicio (Messner-Pellenc y al., 1994). Pacientes
que están limitados ventilatòriament poden bene-
ficiarse directament de una estratègia dirigida a

volum tidal (V_T) en comptes de la freqüència respiratòria (FR) (Marin, Hussain, Gibbons, Polverino, Levy i Cosio, 1993). Tenint en compte això, en el nostre estudi el V_T màx. va augmentar després de la rehabilitació, resultant en un canvi en la relació V_T/CV de 46,6% a 52,8% i sense presentar variació de la FR. A més, s'ha observat una tendència a reduir l'equivalent ventilatori màxim per a O_2 i CO_2 . Aquesta davallada va ser superior en aquells pacients amb valors inicials més elevats. La pèrdua de pes observada podria disminuir addicionalment la resistència efectuada en el diafragma; d'aquesta es redueix el treball de la musculatura inspiratòria. La reducció de la relació V_E/V_{O_2} ha estat molt poc descrita en la rehabilitació de pacients MPOC. Ha estat trobada en pacients obstructius seguint protocols d'entrenament d'alta intensitat (Casaburi i al., 1991). Malgrat tot, en aquest estudi es van observar alts valors de lactat (valors mitjans de 6,6 mEq/l). A més, l'edat dels pacients era marcadament menor (mitjana de 49 anys) i els valors espiromètrics van revelar que la funció pulmonar estava menys perjudicada que la dels que estudiem aquí (VEMS %pred56% i VEMS/CVF del 58%). Seguint Belman i Mohsenifar (1991), trobar reduccions en l'equivalent ventilatori màxim en un grup de pacients afectats més severament, com els que analitzem aquí, confirma l'extensió de programes d'entrenament aeròbic en malalts MPOC més severos. Encara que les proves d'esforç van ser sempre detingudes per la sensació de dispnea, es va observar un petit retard en la seva percepció. Aquesta observació és consistent amb la noció que els pacients MPOC poden experimentar una dessensibilització a la dispnea d'esforç i, d'aquesta manera, millorar la tolerància a l'exercici.

Per una altra banda, pocs estudis de rehabilitació pulmonar en MPOC han descrit millora en els paràmetres espiromètrics (Foster i al., 1988; Mungall i Hainsworth, 1980). A més, un d'aquests estudis va ser un treball hospitalari que incloïa pacients que es recuperaven d'una crisi aguda (Foster i al., 1988). Per tant, en la majoria d'anàlisis de rehabilitació pulmonar per entrenament físic no s'hi han trobat canvis espiromètrics (Vyas i al., 1971; Punzal i al., 1991; Mohsenifar i al., 1983; Madsen i al., 1985; Belman i Kendregan, 1982; Alpert, Bass, Szucs, Banas, Dalen i Dexter, 1974). Estudis basats en l'entrenament de la musculatura inspiratòria de MPOC no han trobat millores (Chen, Dukes i Martin, 1985). Aquest estudi va fer-se extrahospitalàriament i en pacients amb demostrada estabilitat de la malaltia. Els increments en VEMS i CVF no van provocar canvis en la relació VEMS/CVF, la qual cosa indica que es va mantenir un grau similar d'obstrucció de les vies aèries. Malgrat tot, la pèrdua de pes va poder contribuir a l'increment en la CVF, i el reacondicionament de la musculatura respiratòria a la millora del VEMS. Els canvis espiromètrics sembla que siguin contribuents importants en la millora d'un 21% més de potència

reducir la ventilació requerida para un nivel determinado de ejercicio. Muchos estudios han encontrado resultados negativos en cuanto a mejorar el V_E máx. después de un programa de entrenamiento general. El mayor incremento descrito (3,5 L.min.⁻¹) (Christie, 1968) es menor que el hallado en el presente estudio (5,5 L.im.⁻¹), aunque nuestro resultado no es significativo estadísticamente. Para alcanzar un mayor V_E , los pacientes EPOC están forzados a incrementar su volumen tidal (V_T) en lugar de su frecuencia respiratoria (FR) (Marin, Hussain, Gibbons, Polverino, Levy y Cosio, 1993). En concordancia, en nuestro estudio el V_T máx. aumentó después de la rehabilitación, resultando en un cambio en la relación V_T/CV de 46,6% a 52,8% y sin mostrar variación de la FR. Además, hemos hallado una tendencia a reducir el equivalente ventilatorio máximo para O_2 y CO_2 . Este descenso fue mayor en aquellos pacientes con valores iniciales más elevados. La pérdida de peso observada podría disminuir adicionalmente la resistencia efectuada en el diafragma, reduciendo de este modo el trabajo de la musculatura inspiratoria. La reducción de la relación V_E/V_{O_2} ha sido raramente descrita en la rehabilitación de pacientes EPOC. Ha sido hallada en pacientes obstructivos siguiendo protocolos de entrenamiento de alta intensidad (Casaburi y al., 1991). Sin embargo, en este estudio se observaron altos valores de lactato (valores medios de 6,6 mEq/l). Además, la edad de los pacientes era marcadamente menor (media de 49 años) y los valores espirométricos revelaron que la función pulmonar estaba menos dañada. (VEMS%pred56% y VEMS/CVF del 58%) que la de los pacientes aquí estudiados. Tal como apuntan Belman y Mohsenifar (1991), encontrar reducciones en el equivalente ventilatorio máximo en un grupo de pacientes más severamente afectados, como el aquí estudiado, apoya la extensión de programas de entrenamiento aeróbico en enfermos EPOC más severos. Aunque las pruebas de esfuerzo fueron siempre detenidas por la sensación de disnea, se observó un pequeño retraso en su percepción. Esta observación es consistente con la noción de que los pacientes EPOC pueden experimentar una desensibilización a la disnea de esfuerzo y así mejorar su tolerancia al ejercicio.

Por otro lado, pocos estudios de rehabilitación pulmonar en EPOC han descrito mejora en los parámetros espirométricos (Foster y al., 1988; Mungall y Hainsworth, 1980). Además, uno de estos estudios fue un estudio hospitalario que incluía pacientes que se recuperaban de una crisis aguda (Foster y al., 1988). Por lo tanto, en la mayoría de estudios de rehabilitación pulmonar por entrenamiento físico no se han hallado cambios espirométricos (Vyas y al., 1971; Punzal y al., 1991; Mohsenifar y al., 1983; Madsen y al., 1985; Belman i Kendregan, 1982; Alpert, Bass, Szucs, Banas, Dalen y Dexter, 1974). Estudios basados en el entrenamiento de la musculatura inspiratoria tampoco han hallado mejoras (Chen, Dukes

aconseguida en exercici després de la rehabilitació.

Per concloure, he observat en pacients MPOC que van seguir durant quatre mesos un programa de rehabilitació extrahospitalària individualitzat –basat en entrenament al nivell del llindar ventilatori i orientació dietètica– una major tolerància a l'exercici, acompanyada d'una lleugera millora dels valors espiromètrics. Aquesta millora de la funció pulmonar ha estat molt poc descrita en estudis de rehabilitació anteriors. Els resultats poden estar associats principalment a un reacondicionament muscular general, tant respiratori com esquelètic, a conseqüència del programa seguit. Finalment, els resultats aconseguits suggereixen que pacients amb un alt cost ventilatori per a l'exercici poden obtenir un benefici significatiu amb aquesta teràpia.

y Martin, 1985). El estudio presente se realizó extrahospitalariamente y en pacientes con demostrada estabilidad de la enfermedad. Los incrementos en VEMS y CVF no provocaron cambios en la relación VEMS/CVF, lo cual indica que se mantuvo un grado similar de obstrucción de las vías aéreas. Sin embargo, la pérdida de peso pudo contribuir al incremento en la CVF, y el reacondicionamiento de la musculatura respiratoria a la mejora del VEMS. Los cambios espirométricos parecen ser importantes contribuyentes en la mejora de una 21% más de potencia alcanzada en ejercicios después de la rehabilitación.

En conclusión, hemos observado en pacientes EPOC que siguieron durante 4 meses un programa de rehabilitación extrahospitalaria individualizado, basado en entrenamiento al nivel del umbral ventilatorio y orientación dietética, una mayor tolerancia al ejercicio acompañada de una ligera mejora de los valores espirométricos. Esta mejora de la función pulmonar ha sido raramente descrita en previos estudios de rehabilitación. Estos resultados pueden ser principalmente asociados con un reacondicionamiento muscular general, tanto respiratorio como esquelético, a consecuencia del programa seguido. Finalmente, los resultados hallados sugieren que pacientes con un alto coste ventilatorio para el ejercicio pueden obtener un beneficio significativo con esta terapia.

Bibliografia

AMERICAN THORACIC SOCIETY: "Evaluations of impairment/disability secondary to respiratory disorders". *Am. Rev. Respir. Dis.* 133: 1.205-1.209, 1986.

AMERICAN THORACIC SOCIETY: "Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma". *Am. Rev. Respir. Dis.* 136: 225-243, 1987.

ALPERT, J.S.; BASS, H.; SZUCS, M.N.; BANAS, J.S.; DALEN, J.E.; DEXTER, L.: Effects of physical training on hemodynamics and pulmonary function at rest and during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease". *Chest* 66: 647-651, 1974.

BELMAN, M.J.: "Exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease" *Thorax* 48: 936-946, 1993.

BELMAN, M.J.; EPSTEIN, L.J.; DOORNBOS, D.; ELASHOFF, J.D.; KOERNER, S.K.; MOHSENFAR, Z.: Noninvasive determinations of the anaerobic threshold. Reliability and validity in patients with COPD". *Chest* 102: 1.028-1.034, 1992.

BELMAN, M.J.; KENDREGAN, B.A. "Physical training

fails to improve ventilatory muscle endurance in patients with chronic obstructive pulmonary disease". *Chest* 81: 440-443, 1982.

BELMAN, M.J.; MOHSENFAR, Z.: "Reductions in exercise lactic acidosis and ventilations as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease". *Am. Rev. Respir. Dis.* 144: 1.220-1.221, 1991.

CARTER, R.; PEAVLER, M.; ZINKGRAF, S.; WILLIAMS, J.; FIELDS, S.: "Predicting maximal exercise ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease" *Chest* 92: 253-259, 1987.

CASABURI, R.: "Principles of exercise training". *Chest* 101: 263S-267S, 1992.

CASABURI, R.; PATESSIO, A.; IOLI, F.; ZANABONI, S.; DONNER, F.; WASSERMAN, K.: "Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease". *Am. Rev. Respir. Dis.* 143: 9-18, 1991.

CHEN, H.I.; DUKES, R.; MARTIN, B.J.: "Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmo-

- nary disease". *Am. Rev. Respir. Dis.* 131: 251-255, 1985.
- CHRISTIE, D.: "Physical training in chronic obstructive lung disease" *Br. Med. J.* 2: 150-151, 1968.
- FOLGERING, H.; HERWAARDEN, C.V.: "Pulmonary rehabilitation in asthma and COPD, physiological basis" *Respiratory Medicine* 87: 41-44, 1993.
- FORD, G.A.; BASCHKE, T.F.; WISWELL, R.; HOFFMAN, B.B.: "Effect of aging on changes in plasma potassium during exercise" *Journal of Gerontology* 48: M140-M145, 1993.
- FOSTER, S.; LÓPEZ, D.; THOMAS, H.M. III: "Pulmonary rehabilitation in COPD patients with elevated PCO₂" *Am. Rev. Respir. Dis.* 138: 1.519-1.523, 1988.
- GOLDSTEIN, R.S.: "Ventilatory muscle training": *Thorax* 48: 1.025-1.033, 1993.
- JONES, N.L.; KILLIAN, K.J.: "Limitation of exercise in chronic airway obstruction". En Cherniack NS, Ed. *Chronic obstructive pulmonary disease*. 1st edn. Philadelphia, W.B. Saunders Company, chapter 23, pp. 196-206, 1991.
- KILLIAN, K.J.; LEBLANC, P.; MARTIN, D.H.; SUMMERS, E.; JONES, N.L.; CAMPBELL, E.J.M.: "Exercise capacity and ventilatory, circulatory, and symptom limitation in patients with chronic airflow limitation". *Am. Rev. Respir. Dis.* 146: 935-940, 1992.
- MADSEN, F.; SECHER, N.H.; KAY, L.; KOK-JENSEN, A.; RUBEN, N.: "Inspiratory resistance versus general physical training in patients with chronic obstructive pulmonary disease". *Eur. J. Respir. Dis.* 67: 167-176, 1985.
- MARIN, J.M.; HUSSAIN, S.N.A.; GIBBONS, W.J.; POLVERINO, M.; LEVY, R.D.; COSIO, M.G.: "Relationship of resting lung mechanics and exercise pattern of breathing in patients with chronic obstructive lung disease". *Chest* 104: 705-711, 1993.
- MASSÉ-BIRON, J.; AHMAIDI, S.; ADAM, B.; PRÉFAUT, C.: "Intérêt d'un réentraînement aérobie individualisé au niveau du seuil ventilatoire chez des sujets âgés." *Science & Sports* 8: 251-259, 1993.
- MESSNER-PELLENC, P.; XIMENES, C.; BRASILEIRO, C.F.; MERCIER, J.; GROLLEAU, R.; PRÉFAUT, C.G.: "Cardiopulmonary exercise testing. Determinants of dyspnea due to cardiac or pulmonary limitation" *Chest* 106: 354-360, 1994.
- MOHSENFAR, Z.; HORAK, D.; BROWN, H.V.; KOERNER, S.K.: "Sensitive indices of improvement in a pulmonary rehabilitation program". *Chest* 83: 189-192, 1983.
- MUNGALL, I.P.F.; HAINSWORTH, R.: "An objective assessment of the value of exercise training to patients with chronic obstructive airways disease". *Q.J. Med.* 193: 77-85, 1980.
- PATESSIO, A.; CARONE, M.; IOLI, F.; DONNER, C.F.: "Ventilatory and metabolic changes as a result of exercise training in COPD patients". *Chest* 101: 274S-278S, 1992.
- PETTY, T.L.: "Pulmonary rehabilitation in perspective: historical roots, present status, and future projections". *Thorax* 48: 855-862, 1993.
- PUNZAL, P.A.; RIES, A.L.; KAPLAN, R.M.; PREWITT, L.M.: "Maximum intensity exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease". *Chest* 100: 618-623, 1991.
- ROGER, R.M.; DONAHOE, M.; CONSTANTINO, J.: "Physiologic effects of oral supplemental feeding in malnourished patients with chronic obstructive pulmonary disease. A randomized control study". *Am. Rev. Respir. Dis.* 151: 1.511-1.517, 1992.
- SADOUL, P.: "Evaluation du déficit fonctionnel respiratoire". *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.* 19 (supp15): 1-95, 1983.
- VARRAY, A.; MERCIER, J.; TERRAL, C.L.; PRÉFAUT, C.: "Individualized aerobic and high intensity training for asthmatic children in an exercise readaptation program" *Chest* 99: 579-586, 1991.
- VYAS, M.N.; BANISTER, E.W.; MORTON, J.W.; GRZYJOWSKI, S.: "Response to exercise in patients with chronic airway obstruction: 1. Effects of exercise training". *Am. Rev. Respir. Dis.* 103: 390-399, 1971.
- WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L.: "Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise". *J. Appl. Physiol.* 35: 236-243, 1973.
- WIJKSTRA, P.J.; VAN ALTENA, R.; KRAAN, J.; OTTEN, V.; POSTMA, D.S.; KOËTER, G.H.: "Quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease improves after rehabilitation at home". *Eur. Respir. J.* 7: 269-273, 1994.