

TRABAJO ORIGINAL

Adaptación a un esquema de entrenamiento físico en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica avanzada

RAMÓN PINOCHET U., CARLOS VILAFRANCA A., ORLANDO DÍAZ P.,
ALICIA LEIVA G., GISELLA BORZONE T. y CARMEN LISBOA B.

ADAPTATION TO A PHYSICAL TRAINING PROTOCOL OF SEVERE CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE PATIENTS

Exercise training is an important component of pulmonary rehabilitation in COPD. Clinical studies show highly variable results, probably due to the use of different training strategies. Our aim was to evaluate the adaptation of 22 severe COPD patients (FEV_1 : $36 \pm 16\%$ Pred; 63 ± 15 years of age; $\bar{x} \pm SD$) to a training protocol: a) Target load 75% of maximal workload (WR_{max}), b) an initial load of 30% WR_{max} and c) 15 to 20% increments of the load at the time the patients were able to sustain the previous load for 45 min. Training intensity was calculated by measuring the area under the workload times the number of training sessions. Sixteen patients reached the target load within 12 ± 7 training sessions, whereas 6 were unable to reach it. Mean training load was $61 \pm 23\%$ of WR_{max} . Training intensity was 952 ± 325 watt, WR_{max} as well as endurance time increased with training ($p < 0.02$ and 0.0001 respectively). Significant reduction in heart rate (HR), dyspnea, leg fatigue, and blood lactate for the same exercise load and time were observed ($p < 0.02$, 0.001 , 0.001 and 0.02 respectively). A significant negative correlation was found between endurance time and reduction in dyspnea ($r = -0.48$; $p < 0.05$). Training intensity was found to correlate with both reduction in leg fatigue ($r = -0.518$; $p = 0.014$) and blood lactate ($r = -0.488$; $p = 0.021$). Our results show that not all patients reach the target training load and that a large variability exists in the number of sessions required to reach either the maximum load or the target load. We concluded that in spite of the large variability in training intensity the majority of severe COPD patients benefit with training.

Key words: Chronic obstructive pulmonary disease, exercise training, training intensity, endurance.

* Departamento de Enfermedades Respiratorias. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Proyecto Fondecyt 198/937

RESUMEN

El ejercicio físico es un elemento básico en la rehabilitación en pacientes con EPOC. Sin embargo, los resultados son variables, lo que puede deberse a las diferentes estrategias de entrenamiento utilizadas. En 22 pacientes con EPOC avanzada (VEF_1 $35,6 \pm 15,7\%$; edad 63 ± 15 años; $\bar{x} \pm DS$) evaluamos su adaptación a un esquema de entrenamiento (E) en bicicleta ergométrica que consistió en aplicar inicialmente una carga inicial de 30% de la máxima previamente determinada (CM) y aumentarla en 15 a 20% en las sesiones siguientes cuando el paciente era capaz de mantenerla por 45 minutos, hasta alcanzar la meta de 75% de la CM. La intensidad del E se midió en watts calculando el área bajo la curva de la relación entre las cargas aplicadas y el número de sesiones de entrenamiento. El efecto del E se evaluó a través de los cambios en la carga y el $\dot{V}O_2$ máximos, la duración de un ejercicio submáximo, la frecuencia cardíaca, (FC), disnea, fatiga de las extremidades inferiores y lactato sanguíneo para una misma carga y tiempo de ejercicio. La CM de E fue $61 \pm 23\%$ ($\bar{x} \pm DS$) del máximo. Seis pacientes no fueron capaces de alcanzar la carga establecida como meta. En los restantes ésta se alcanzó en un número variable de sesiones (12 ± 7). La intensidad del entrenamiento fue de 952 ± 325 watt. El E produjo un aumento de la CM ($p < 0,02$) y del tiempo de ejercicio ($p < 0,0001$) y una disminución significativa de la FC, disnea, fatigabilidad y lactato sanguíneo. La duración del ejercicio se correlacionó con la reducción de la disnea ($r = -0,448$; $p < 0,05$) y la intensidad del entrenamiento con la disminución de la fatiga ($r = -0,5176$; $p = 0,014$) y también del lactato sanguíneo ($r = -0,488$; $p = 0,021$). Los resultados demuestran que aún cuando la adaptación al esquema de entrenamiento fue variable de acuerdo a la capacidad individual y no pudo ser aplicada a todos los pacientes, la mayoría de ellos obtuvo efectos beneficiosos.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento físico es un componente básico de la rehabilitación de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)^{1,2}. No obstante una revisión de 37 estudios de entrenamiento físico realizada por Casaburi, demuestra que los resultados obtenidos son muy heterogéneos, lo que este autor atribuyó a los distintos métodos y cargas de entrenamiento, a las diferentes formas de evaluar su efecto y al diferente grado de la obstrucción bronquial de los pacientes². La magnitud de la carga de entrenamiento juega un papel importante en los cambios estructurales que experimentan los músculos al ser entrenados, por lo que se ha sugerido que para obtener efectos beneficiosos debe aplicarse cargas de entrenamiento de al menos 70% de la

carga máxima de cada individuo². Sin embargo, es un hecho demostrado que una gran proporción de los pacientes con EPOC avanzada no toleran cargas tan elevadas de entrenamiento³. Esta baja tolerancia al ejercicio se debe en forma importante a la limitación del flujo espiratorio que aumenta el trabajo respiratorio por el aumento de la resistencia de la vía aérea y porque induce hiperinflación dinámica, que si bien permite aumentar el flujo espiratorio para satisfacer las demandas ventilatorias del ejercicio, aumenta aún más la carga que deben vencer los músculos respiratorios⁴.

Otros factores como una inadecuada respuesta cardiovascular y la disfunción de los músculos esqueléticos también pueden contribuir a una mala adaptación al entrenamiento físico^{1,2,5,6}.

Basados en estos antecedentes, los objeti-

vos de este estudio fueron evaluar la adaptación a un protocolo de entrenamiento físico en un grupo de pacientes con EPOC avanzada y estudiar su capacidad de inducir los efectos beneficiosos clínicos y fisiológicos del entrenamiento físico.

Sujetos

Se estudiaron 22 pacientes con EPOC, 19H/3M cuya edad fue de $63 + 15$ años ($\bar{x} + 1$ DE), y que cumplían con los siguientes criterios de inclusión a) etapa estable de su enfermedad; b) VEF₁ igual o inferior al 50% del valor teórico y c) relación VEF₁/CVF inferior al 60%. Se excluyeron los enfermos portadores de cardiopatía coronaria u otras alteraciones que limitaran el entrenamiento. Las características del grupo de estudio se resumen en la Tabla 1.

Los pacientes aceptaron participar en el protocolo, que fue previamente aprobado por el comité de ética de la institución y firmaron el acta de consentimiento informado correspondiente.

MÉTODO

1. Evaluación de la capacidad de ejercicio basal

La carga máxima de ejercicio y $\dot{V}O_2$ máximo se determinaron antes y después del período de entrenamiento mediante una prueba de ejercicio progresivo limitado por síntomas (disnea y fatiga de extremidades)⁶. El ejercicio se realizó en un cicloergómetro (Jaeger modelo Ergoline 800, Alemania). Durante el ejercicio, los pacientes, con la nariz ocluida, respiraron con una boquilla conectada a una manguera corrugada unida a una carta metabólica Qplex I (Quinton, Seattle, Wa, USA). Durante la prueba se registró continuamente: $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}E$. La SaO₂ y la frecuencia cardíaca se midieron cada minuto con un oxímetro de pulso (Ohmeda Biox 3.740) Los pacientes pedalearon con una frecuencia de 50 rpm y las cargas se aumentaron en 5 a 10 watt cada minuto hasta llegar a la máxima capacidad de ejercicio.

La tolerancia a un ejercicio submáximo se midió también antes y después del entrenamiento. Los pacientes realizaron un ejercicio

continuo con una carga correspondiente al 60% de la máxima previamente determinada. La ejecución de esta prueba se realizó en dos formas diferentes:

a) En una oportunidad se midió la duración del ejercicio con los pacientes respirando libremente sin medir los índices ventilatorios y se registró la frecuencia cardíaca, la disnea y la fatigabilidad de las extremidades inferiores.

b) La otra prueba se realizó en el laboratorio, oportunidad en que se midió además la ventilación, el consumo de O₂ y la lactacidemia.

Para evaluar el efecto del entrenamiento, las mediciones de las variables fisiológicas se realizaron a igual tiempo y carga de ejercicio.

La disnea y la fatiga de las extremidades inferiores se evaluaron⁶ con cada carga durante el ejercicio progresivo y cada minuto durante la prueba de ejercicio submáximo empleando la escala psicofísica de Borg⁷ que tiene un rango entre 0 y 10 puntos, representando este último a la máxima disnea o fatiga.

2. Esquema de entrenamiento físico:

El programa de entrenamiento fue supervisado por un kinesiólogo (RP) y consistió en un ejercicio realizado en bicicleta ergométrica. Los pacientes entrenaron 45 minutos, tres veces por semana durante 10 semanas. El protocolo de aumento de la carga de entrenamiento fue el siguiente: a) Carga inicial 30% de la máxima. b) La carga se aumentó en 15 a 20% cuando el paciente fue capaz de mantener la carga de 30% en forma continua durante 45 minutos sin presentar grados exagerados de disnea y/o de fatiga de extremidades (> 6 puntos en la escala de Borg) o empleó una frecuencia cardíaca superior al 80% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCR). c) Para continuar aumentando la carga se empleó el mismo criterio descrito en el punto "b". d) La meta de carga de entrenamiento se fijó en 75% de la carga máxima. En los pacientes que no pudieron alcanzar esta intensidad, el entrenamiento se realizó empleando la mayor carga que les permitió mantener el ejercicio durante los 45 minutos.

La intensidad de entrenamiento se determinó a través de la medición del área bajo la curva de la carga empleada en cada sesión

por el número total de sesiones y fue expresada en watt.

Los criterios para detener el ejercicio durante las sesiones de entrenamiento fueron el aumento de la frecuencia cardíaca > 80% de la reserva cardíaca, la disminución de la saturación arterial de oxígeno (< 85%), la incapacidad para mantener la frecuencia del pedaleo (50 rpm), el aumento de la disnea y/o fatigabilidad de las extremidades inferiores (> 6) y síntomas de inadecuación frente al ejercicio (mareo, cefalea, dolor, etc). Después de un período de reposo por algunos minutos el paciente reanudaba el ejercicio con igual o menor carga hasta completar los 45 minutos.

Los seis pacientes que presentaron una SaO₂ inferior a 90% durante el entrenamiento recibieron O₂ por cánula nasal, hasta alcanzar una SaO₂ de 90%.

3. Evaluación de los efectos del entrenamiento

Los efectos del entrenamiento fueron evaluados a través de los siguientes cambios:

- Aumento de la carga máxima y del consumo máximo de O₂ durante la prueba de ejercicio progresivo limitado por síntomas.
- Aumento de la duración de un ejercicio submáximo correspondiente al 60% de la carga máxima basal.
- Disminución de los niveles de lactato sanguíneo, de la disnea y de la fatiga de las extremidades inferiores durante un ejercicio submáximo. Las mediciones de estos índices se hicieron a igual carga y tiempo de ejercicio, antes y después del entrenamiento (isotiempo).

Análisis Estadístico

Los resultados se analizaron con la prueba de t de Student para muestras pareadas y correlación lineal simple.

RESULTADOS

1) Capacidad máxima de ejercicio

Los valores promedio basales de la capacidad de ejercicio se resumen en la Tabla 1. Después del entrenamiento se observó un aumento de la carga máxima de ejercicio desde

56 ± 15 watt a 63 ± 19 watt; p < 0,001. En cambio el consumo máximo de O₂ se modificó sólo levemente desde 1.046 ± 232 a 1.107 ± 287 ml/min (p ns).

2. Adaptación a la intensidad de entrenamiento

La carga máxima de entrenamiento que los pacientes fueron capaces de mantener por 45 minutos alcanzó un promedio de 42 ± 14 watt, equivalente al 61 ± 23% de su capacidad máxima de trabajo (CMT); esta carga se alcanzó en 12 ± 7 sesiones. Seis de los 22 pacientes (27%) no alcanzó el 75% de la CMT establecida como meta.

La Figura 1 muestra la progresión de las cargas durante el período de entrenamiento en 4 pacientes. Se observa distintas intensidades y perfiles de adaptación a las cargas. En el paciente PR fue posible aumentar progresivamente la carga hasta alcanzar el 75% de la máxima en la sesión número 12. El paciente LM presentó disminuciones transitorias de la carga en dos oportunidades a lo largo del período de entrenamiento, alcanzando en la sesión número 24 la carga máxima de trabajo (CMT). A su vez, el paciente JB alcanzó la carga de 75% en la séptima sesión y logró mantenerla sin modificaciones hasta el final del entrenamiento. Por el contrario, en el enfermo JR no fue posible aumentar la carga inicial de 30% durante todo el entrenamiento.

Tabla 1. Características de los 22 pacientes en EPOC avanzada

Talla, cm	160 ± 32
Peso, kg	66 ± 15
VEF ₁ , ml	980 ± 287
VEF ₁ , % pred	35,6 ± 15,7
CVF, ml	2.750 ± 711
CVF, %pred	83 ± 37
VEF ₁ /CVF	37 ± 9
Carga máx. inicial, watt	56 ± 15
VO ₂ máx. inicial, ml/min	1.046 ± 0,232
FC máxima, latidos/min	155 ± 8

pred= predeterminado; FC= frecuencia cardíaca; máx= máxima; Cada valor representa la media aritmética ± 1DS.

La Figura 2 ilustra los valores individuales de la carga total de entrenamiento aplicada, la cual se calculó midiendo el área bajo la curva de la relación entre las cargas aplicadas en

cada sesión y la totalidad de las sesiones de entrenamiento. El promedio alcanzado fue de 952 ± 325 watt con un rango entre 189 y 1.424 watt.

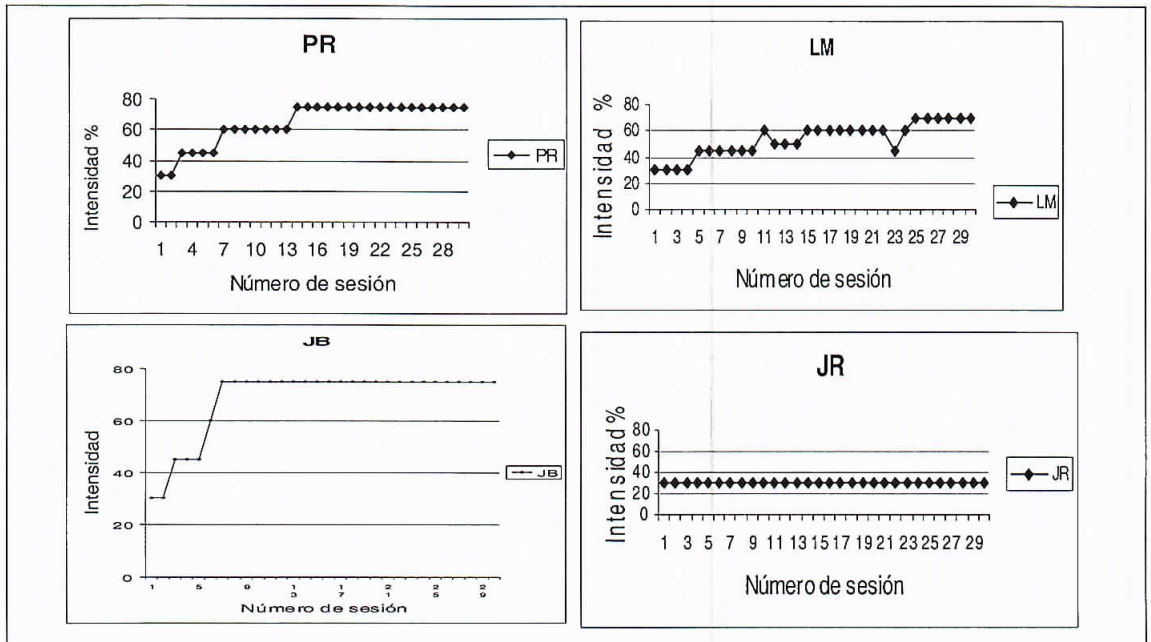


Figura 1. Evolución de las cargas de entrenamiento en cuatro pacientes. Se observa que los pacientes alcanzaron la carga máxima en un número diferente de sesiones y que el paciente JR no pudo sobrepasar la carga inicial de 30% a lo largo de todo el entrenamiento. Intensidad del entrenamiento expresada en % de la carga máxima.

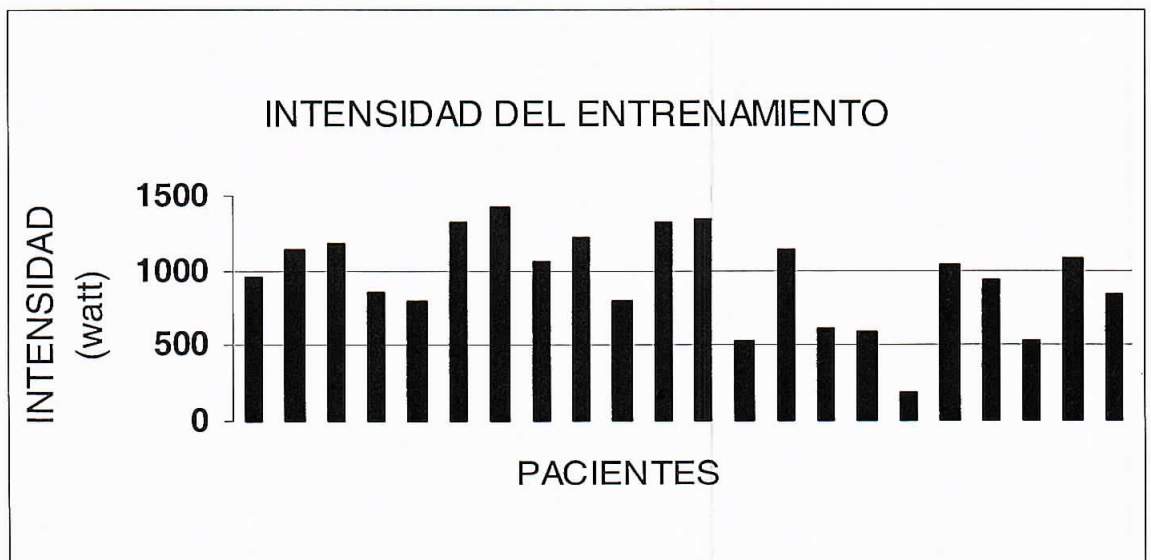


Figura 2. Valores individuales de la intensidad del entrenamiento. Cada barra corresponde a un paciente (Ver texto).

Se observó una correlación positiva entre la intensidad del entrenamiento con el VEF₁ ($r = 0,563$; $p = 0,006$), con el consumo máximo de oxígeno ($r = 0,760$, $p < 0,0001$) y con la duración del ejercicio submáximo observada antes del entrenamiento ($r = 0,620$; $p < 0,002$).

3. Evaluación del efecto del entrenamiento sobre la prueba de ejercicio continuo submáximo sin medición de los parámetros ventilatorios

En la evaluación inicial, sólo 5 pacientes fueron capaces de mantener por 45 minutos un ejercicio correspondiente al 60% del máximo. Las principales causas que limitaron esta prueba en el resto de los enfermos fueron: la disnea (> 6 puntos), fatiga de las extremidades inferiores (> 6 puntos) y el empleo de una frecuencia cardíaca de reserva superior al 80%.

Al final del período de entrenamiento 18 pacientes fueron capaces de mantener el ejercicio por 45 minutos y en los 4 restantes la disnea fue la principal causa de suspensión de la prueba.

La Tabla 2 muestra los valores promedio antes y después del entrenamiento de la dura-

Tabla 2. Adaptación al ejercicio submáximo (medición clínica)

Variable funcional ($\bar{x} \pm DS$)	Antes	Después
Tiempo de ejercicio min	22 \pm 15	40 \pm 12*
% FCR usado	54 \pm 16	40 \pm 14**
Disnea, puntos	7 \pm 3	3 \pm 3*
Fatigabilidad, puntos	7 \pm 3	2 \pm 3*

FCR: frecuencia cardíaca de reserva

*= $p < 0,0001$; **= $p < 0,00001$

ción del ejercicio, de la frecuencia cardíaca de reserva utilizada, la disnea, y fatiga de extremidades. Se observa mejorías significativas en los 4 índices medidos.

4. Efecto del entrenamiento sobre las pruebas de ejercicio en el laboratorio

La Figura 3 muestra los cambios porcentuales de la carga máxima, del consumo máximo de O₂, de la duración del ejercicio, lactato sanguíneo, disnea y fatiga de las extremidades inferiores, medidos a igual tiempo y carga de

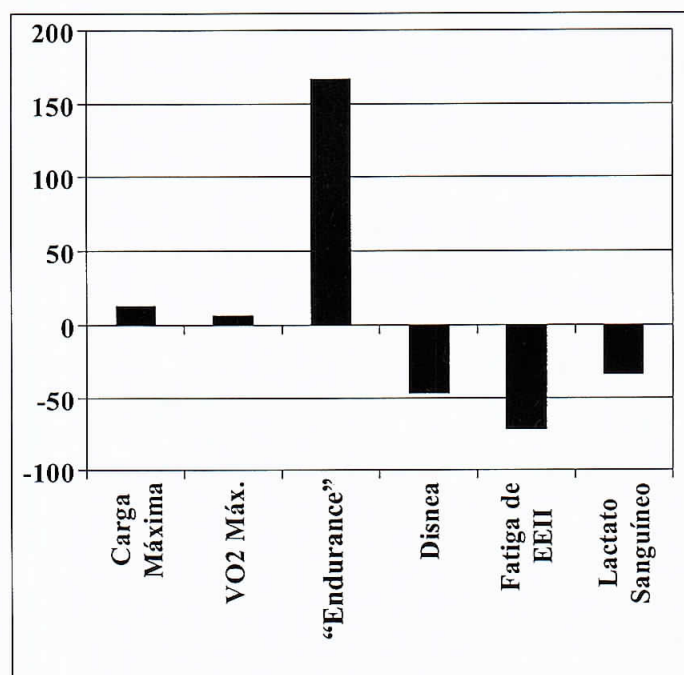


Figura 3. Efectos del entrenamiento en los 22 pacientes con EPOC avanzada, expresados en porcentaje respecto al valor pre-entrenamiento EEII= extremidades inferiores (Ver texto).

ejercicio. Todos los cambios fueron significativos con la excepción del $\dot{V}O_2$ máximo.

Se observó una correlación inversa significativa entre el aumento de la tolerancia al ejercicio y la disminución de la disnea ($r = -0,448$; $p < 0,05$). Se observó además una correlación

inversa significativa entre la intensidad de la carga de entrenamiento y la disminución de la fatigabilidad de las extremidades inferiores ($r = -0,516$; $p = 0,014$) y de la intensidad del entrenamiento con la disminución del lactato sanguíneo ($r = -0,488$; $p = 0,021$) (Figuras 4 y 5).

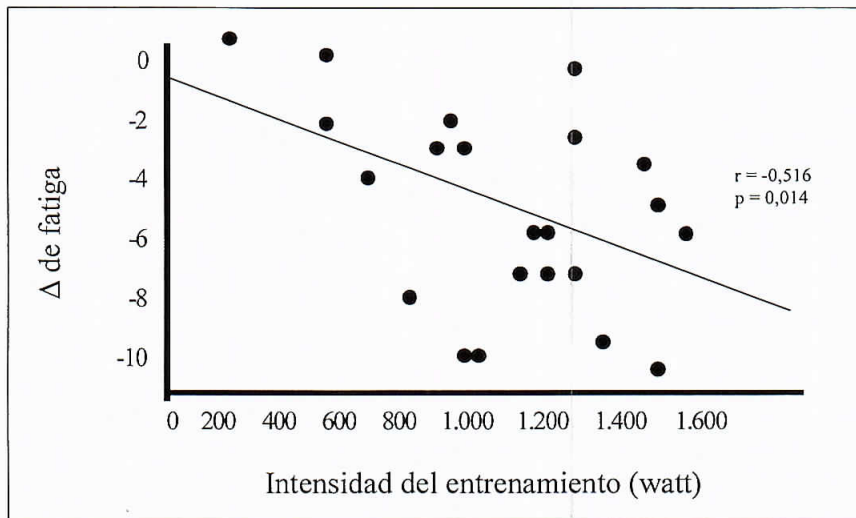


Figura 4. Relación entre la intensidad del entrenamiento aplicado y los cambios en la fatiga de las extremidades inferiores (Δ de fatiga). Se aprecia que la disminución de la fatiga es mayor en los pacientes que se entrenaron con más intensidad.

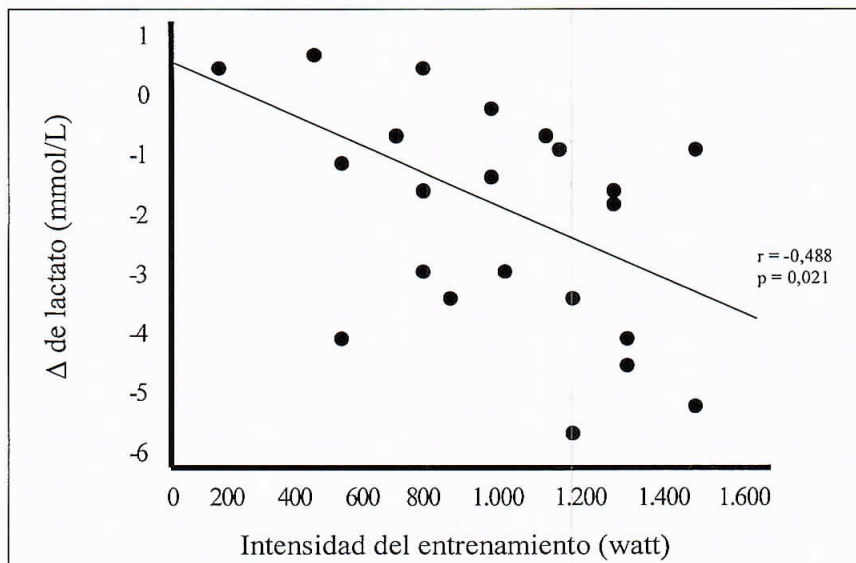


Figura 5. Relación entre la intensidad del entrenamiento y la reducción del lactato sanguíneo después del entrenamiento (Δ de lactato). Se observa una mayor disminución del lactato en los pacientes que se entrenaron con mayor intensidad.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que la adaptación a un protocolo de entrenamiento físico, en pacientes con EPOC avanzada, es variable y se logra en la mayoría de ellos con modificaciones individuales de la carga, a medida que son capaces de mantenerla en forma continua por 45 minutos sin presentar grados intensos de disnea y fatiga. Si bien la intensidad de la carga fue también variable porque no todos los pacientes lograron alcanzar la carga máxima propuesta o la alcanzaron a distinto número de sesiones de entrenamiento, observamos efectos beneficiosos en prácticamente todos ellos.

La mayoría de los estudios sobre entrenamiento físico, no explican la estrategia empleada para entrenar a sus pacientes como tampoco la adaptación a la carga máxima de entrenamiento. En general, se limitan a describir la secuencia de ejercicios empleada, la carga máxima propuesta y el porcentaje de enfermos que lograron alcanzarla^{2,5,8}.

Solamente en las publicaciones de Maltais y colaboradores^{9,10} se informa sobre la intensidad del entrenamiento utilizado, determinado en una forma semejante a la del presente estudio. Por la falta de información amplia al respecto, consideramos de interés evaluar la aplicabilidad de un protocolo preestablecido de entrenamiento, la adaptación individual de los pacientes a lo largo del entrenamiento y los efectos beneficiosos logrados.

En nuestros pacientes la adaptación al aumento de las cargas fue muy variable. Si bien un número importante de ellos logró alcanzar la carga máxima, lo hicieron en tiempos variables después de iniciado el protocolo, lo que se tradujo, por lo tanto, en una diferente intensidad de entrenamiento. Los pacientes que lograron una mayor intensidad (mayor carga y más precozmente) fueron aquellos que en condiciones basales tenían un VEF₁ mayor, un $\dot{V}O_2$ más alto y eran capaces de realizar un ejercicio submáximo más prolongado (mayor tolerancia al ejercicio).

La tolerancia al ejercicio submáximo se midió en dos formas diferentes, una de ellas que hemos designado clínica, durante la cual los

pacientes respiraron libremente y la otra prueba realizada en el laboratorio en la cual se midieron los índices ventilatorios. Las razones para analizar los resultados en forma separada se debe a que la duración del ejercicio es menor cuando se miden los índices ventilatorios por el mayor espacio muerto y el aumento de la resistencia producidos por las válvulas respiratorias que deben utilizarse. Durante la prueba realizada en el laboratorio se midió además las presiones esofágica y gástrica para evaluar la mecánica respiratoria, lo que también puede disminuir la tolerancia al ejercicio¹¹. Estos hechos explican la menor duración del ejercicio observada en la prueba del laboratorio que aparece como contradictoria al analizar los resultados individuales, así por ejemplo un paciente que es capaz de mantener un ejercicio por 45 minutos con una carga correspondiente al 75% de la máxima durante las sesiones de entrenamiento; en la evaluación en el laboratorio mantiene una carga de sólo 60% por un tiempo muy inferior.

El análisis de la prueba de ejercicio submáximo clínica demostró un aumento significativo de la duración del ejercicio. Al inicio del entrenamiento el ejercicio estuvo limitado por la disnea, la fatiga de las extremidades inferiores y en menor proporción por una respuesta exagerada de la frecuencia cardíaca, índices que sugerían un importante desajuste de acondicionamiento motriz (músculatura esquelética, sistema respiratorio y cardiocirculatorio). El impacto beneficioso del entrenamiento físico, se demostró por el aumento de la tolerancia al ejercicio ya que 18 de los pacientes fueron capaces de mantener 45 min de ejercicio. Al final del entrenamiento los 4 restantes detuvieron el ejercicio por disnea extrema lo que puede ser explicado por la menor intensidad de entrenamiento aplicado en estos pacientes. Estos resultados son concordantes con otros estudios publicados previamente^{9,10}.

En la prueba submáxima realizada en el laboratorio también se observó una disminución de la disnea y de la fatiga junto a una menor producción de ácido láctico demostrando efectos beneficiosos de entrenamiento. Los resultados mostraron una mejoría significativa del tiempo de ejercicio (6 ± 3 a 16 ± 7 min;

$p < 0,0001$), pero de menor cuantía que la evaluada en forma clínica¹¹.

En relación a la reducción del lactato nuestros resultados son similares a los comunicados por Casaburi³, que estudió el efecto de esta variable empleando cargas de entrenamiento de alta y de baja intensidad. El efecto más beneficioso lo encontró en los sujetos que entrenaron con mayor intensidad. Si bien la tendencia a disminuir la lactacidemia fue similar a la observada en el estudio de Casaburi, es conveniente destacar que la magnitud de la EPOC de nuestros pacientes era mayor, y que la lactacidemia se evaluó a tiempos diferentes.

Después del entrenamiento observamos un aumento significativo de la carga máxima de trabajo, sin cambios en el $\dot{V}O_2$ máx. Al relacionar estos dos índices se demuestra que los pacientes fueron capaces de realizar un ejercicio de mayor intensidad que antes del entrenamiento con un consumo de O_2 similar por lo que se puede inferir que se produjo una mayor eficiencia para la ejecución del ejercicio máximo. Las mediciones de estos índices, han mostrado resultados variables en otros estudios. Casaburi y asociados¹² por ejemplo, observaron un aumento concomitante de la carga máxima y del $\dot{V}O_2$ máx (de 40 ± 31 a 54 ± 32 watt; $p < 0,01$ y de 860 ± 290 a 1.000 ± 300 l/min, respectivamente, $p < 0,001$). La diferencia con nuestros resultados puede deberse a que los valores de $\dot{V}O_2$ máx y de carga preentrenamiento eran más bajos en los pacientes de Casaburi y cols, y que la intensidad del entrenamiento empleada por ellos fue mayor (80% *versus* 75% de la carga máxima).

La relación entre los resultados de las distintas variables observadas permiten plantear que la mejoría en la tolerancia al ejercicio se debió en parte importante a la disminución de la disnea, y de la fatiga de las extremidades inferiores. Los pacientes que entrenaron con mayor intensidad fueron los que tuvieron un mayor efecto sobre la fatiga de las extremidades inferiores y la disminución del lactato sanguíneo, lo que sugiere que entrenaron su musculatura esquelética con una carga mayor.

En resumen, nuestros resultados demuestran que la adaptación a un protocolo de en-

trenamiento en pacientes con EPOC avanzada es variable, por lo que es necesario aplicar una estrategia de entrenamiento individual de acuerdo a la tolerancia de cada paciente. Si bien observamos los mayores cambios en los pacientes entrenados con mayor intensidad, pudimos comprobar que prácticamente todos ellos se beneficiaron con el entrenamiento a pesar de que en algunos se aplicó cargas menos intensas. Esta observación previamente comunicada por Maltais y colaboradores¹⁰ sugiere que el entrenamiento físico de intensidad moderada produce efectos positivos, sin necesidad de exponer a los pacientes a riesgos innecesarios usando cargas muy elevadas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- RIES A, CARLIN B, CARRIERI-KOHL V, CASABURI R, CELLI B, EMERY C H et al. Pulmonary Rehabilitation. Joint ACCP/AACVPR Evidence-Based Guidelines. Chest 1997; 112: 1363-96.
- 2.- CASABURI R. Exercise training in chronic obstructive lung disease. In R. Casaburi and TL Petty, eds. Principles and practice of pulmonary rehabilitation. W B Saunders, Philadelphia 1999; 204-24.
- 3.- CASABURI R, PATESSIO A, IOLI F, ZANABONI S, DONNER C, 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 1991; 143: 9-18.
- 4.- DÍAZ O, VILLAFRANCA C, GHEZZO H, BORZON G, LEIVA A, MILIC-EMILI J et al. Role of inspiratory capacity on exercise tolerance in COPD patients with and without tidal expiratory flow limitation at rest. Eur Respir J 2000; 16: 269-75.
- 5.- BERNARD S, LEBLANC P, WHITCOMB F, CARRIER G, JOBIN J, BELLEAU R et al. Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1998; 158: 629-34.
- 6.- BOURJEILY G, ROCHESTER C L. Exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. Clinics in Chest Disease 2000; 21: 763-81.
- 7.- BORG G A V. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc 1982; 14: 377-81.
- 8.- O'DONNELL D E, MC GUIRE M, SAMIS L, WEBB K A. General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. Am J Respir Crit Care Med 1998; 157: 489-97.
- 9.- MALTAIS F, LEBLANC P, JOBIN J, BERUBÉ C, BRUNEAU J, CARRIER L et al. Skeletal muscle adaptation to endurance training in patients with

- chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 442-7.
- 10.- MALTAIS F, LEBLANC P, SIMARD C, JOBIN J, BERUBÉ C, CARRIER L et al. Intensity of training and physiologic adaptation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 555-61.
- 11.- VILLAFRANCA C, COLIMA R, LEIVA A, DÍAZ O, BORZONE G, PINOCHET R et al. Efectos de los equipos empleados para medir las variables respiratorias y metabólicas, durante el ejercicio en pacientes con EPOC. *Rev Chil Enf Respir* 1998; 14: 248 (Resumen).
- 12.- CASABURI R, PORZASZ J, BURNS M, CARITHERS E, CHANG R, COOPER C H. Physiologic benefits of exercise training in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 1541-51.