

# LAS LIMITACIONES DEL TEST DE ESFUERZO EN PRESENCIA DE ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA

J.L. LOPEZ-NEGRETE, A. ESPOLITA SANTOS, J.M.<sup>a</sup> LOPEZ DE LA IGLESIA, G. IGLESIAS CUBERO J. TOMAS MAURI y J.J. RODRIGUEZ REGUERO

Servicio de Cardiología. Instituto Nacional de Silicosis Oviedo.

Encontrando sistemáticamente los test de esfuerzo negativos en pacientes con enfermedad coronaria asociada a enfermedad pulmonar obstructiva crónica asintomática, nos indujo a revisar el comportamiento hemodinámico en ejercicio, en estos enfermos.

Se estudiaron 15 pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, divididos en dos grupos: Grupo I (moderados), con VEMS superior a 1600 cc, compuesto por nueve pacientes. Al ejercicio no se incrementaron las presiones y resistencias pulmonares, incrementándose ostensiblemente el gasto cardíaco. Grupo II (severos) con VEMS inferior a 1600 cc, compuesto por seis pacientes; al ejercicio se comportaron inversamente, incrementándose las presiones pulmonares y acentuándose menos el gasto cardíaco.

Este estudio nos muestra que, en pacientes con dicha enfermedad sometidos a test ergométrico para valoración coronaria, nos eleva la incidencia de falsos negativos, pues el incremento de presiones y resistencias pulmonares, puede limitar el incremento del gasto y precarga ventricular izquierda, impidiendo llegar a límites aeróbicos, que provoquen la isquemia miocárdica.

Concluimos resaltando la necesidad previa de un test de función pulmonar, antes del test de ejercicio, dada la pérdida de sensibilidad del test, en presencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, aún en fase asintomática.

Recibido el 5-11-1982.  
Aceptado el 5-7-1983.

Limitations of the exercise test in the presence of chronic obstructive lung disease

The finding of systematically negative exercise test in patients with coronary artery disease associated to asymptomatic chronic obstructive lung disease prompted us to review the hemodynamic behaviour of these patients during exercise.

15 patients with chronic obstructive lung disease were studied. 9 patients were included in group I (moderate disease), with FEV<sub>1</sub> greater than 1600 cc. These patients did not show a rise in pulmonary pressures and resistances during exercise, and an outstanding increase in cardiac output appeared. 6 patients were included in group II (severe disease), with FEV<sub>1</sub> lower than 1600 cc; they showed a behaviour during exercise opposed to that seen in group I, with a rise in pulmonary pressures and a lesser increase in cardiac output.

The present study shows that, in patients with chronic obstructive lung disease, exercise test for coronary artery disease evaluation has a higher prevalence of false negative results. These are the consequence of a limitation of the left ventricular output and preload caused by an increase in pulmonary pressures and resistances; therefore, aerobic limit leading to myocardial ischemia is not reached.

Finally, the need for a pulmonary function test previous to the performance of an exercise test is stressed in view of the lower sensitivity of the latter with chronic obstructive lung disease even in asymptomatic stage.

## Introducción:

El test de esfuerzo constituye un método simple, útil y ampliamente difundido en el estudio de la cardiopatía isquémica<sup>1,3</sup>, aunque la presencia de determinados factores limitan su valor; uno de estos factores puede ser la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), entidad muy extendida y a menudo no diagnosticada hasta estadios avanzados, en la que los estudios hemodinámicos son escasos<sup>4,6</sup> y plantean aún ciertos interrogantes<sup>7</sup>. La EPOC, y en relación con la severidad de la obstrucción al flujo aéreo, puede alterar realmente la respuesta cardíaca al ejercicio, dando lugar a falsos resultados y a interpretaciones erróneas.

Nuestro propósito es estudiar la respuesta hemodinámica al ejercicio en pacientes con EPOC de distinta severidad e intentar establecer los factores que pueden modificarla.

## Material y métodos

Se analizó un grupo de 15 varones asintomáticos, en los que se realizaron los estudios siguientes.

1) **ESTUDIO DE FUNCION PULMONAR:** Utilizando un espirómetro de ocho litros se calcularon los siguientes valores: capacidad vital máxima (CV); volumen espiratorio máximo por segundo (VEMS), expresados ambos en valores absolutos y en porcentaje del valor predicho como normal y la relación VEMS/CV expresada en tanto por ciento; también se determinaron las presiones en sangre arterial de  $O_2$  ( $PaO_2$ ) y  $CO_2$  ( $PaCO_2$ ) mediante un analizador de Comby.

2) **CATETERISMO CARDIACO:** En todos los pacientes se realizó cateterismo cardíaco en reposo, por vía basilica derecha, tomándose presiones máximas y medias en arteria pulmonar y capilar pulmonar; con el fin de obtener valores medios, se registraron las presiones durante tres ciclos respiratorios, y se aceptó la presión capilar como correcta, cuando mostraba las típicas ondas de presión venosa. Las presiones se registraron utilizando transductores Statham y un poligrafo «electronics for medicine DR-8». Asimismo, se recogieron muestras repetidas de sangre en arteria pulmonar a través del catéter y en arteria humeral por punción directa para el análisis oximétrico. En todos los pacientes se determinó el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y se calculó el gasto cardíaco (Qc) según el principio de Fick aplicado al oxígeno. Finalmente, a partir de las presiones pulmonares y gasto cardíaco, se determinaron las resistencias pulmonares.

3) **TEST ERGOMETRICO:** Una vez obtenidos los datos hemodinámicos en reposo, cada paciente fue sometido a un test de esfuerzo en decúbito supino, utilizando un cicloergómetro Elema-Schönder, con carga inicial y progresiva de 25 watos cada tres minutos hasta alcanzar ejercicios submáximos o máximos a frecuencias cardíacas iguales o mayores del 85 % de la máxima. En este punto se repitieron las determinaciones hemodinámicas (presiones en arteria pulmonar y capilar pulmonar y toma de muestras de sangre para oximetría). Para la determinación del  $VO_2$  durante el ejercicio se empleó un espirómetro Tissot.

## Resultados

Los 15 pacientes fueron divididos en dos grupos, de acuerdo con la severidad de la obstrucción al flujo aéreo, utilizando como parámetro discriminador un valor arbitrario de 1600 cc. Así el

grupo I estaba formado por nueve pacientes con VEMS superior a 1600 cc y que se consideraron como afectados de EPOC moderada, y el grupo II, constituido por seis pacientes con VEMS inferior a 1600 cc, que se consideraron como afectados de EPOC severa. Se establecieron relaciones estadísticas entre los parámetros estudiados en ambos grupos de acuerdo con el método de Student para la diferencia de las medias.

1) **EDAD:** La edad media fue en el grupo I de  $50 \pm 7$  años y en el grupo II,  $56 \pm 4$  años no existiendo diferencias significativas.

2) **ESTUDIOS DE FUNCION PULMONAR:** Los valores medios del VEMS, expresado en valores absolutos fueron en el grupo I:  $2150 \pm 500$  cc y en el grupo II  $1154 \pm 380$  cc, existiendo diferencias significativas entre los valores de ambos grupos (T: 3,86;  $p < 0,005$ ). El VEMS expresado en porcentaje del valor predicho como normal fue en el grupo I de 66 % y en el grupo II el 38 %. La relación VEMS/CV fue en el grupo I el 61 % y en el grupo II el 48 %. El valor medio de la  $PaO_2$  en reposo fue en el grupo I de  $73,11 \pm 6,2$  mmHg y en el grupo II de  $63,25 \pm 6,6$  mmHg, existiendo diferencias significativas entre los valores de ambos grupos (T: 2,38;  $p < 0,05$ ). El valor medio de la  $PaO_2$  en reposo en el grupo I fue de  $39,1 \pm 3,7$  mmHg y en el grupo II de  $46,2 \pm 8,9$  mmHg, no mostrando diferencias significativas.

3) **CATETERISMO CARDIACO:** El Qc en reposo en el grupo I fue de  $4,3 \pm 1,2$  l/min y en el grupo II de  $4,2 \pm 0,48$  l/min, no mostrando diferencias significativas. El Qc en el máximo ejercicio fue en el grupo I de  $21,3 \pm 7$  l/min y en el grupo II de  $11,2 \pm 3$  l/min, existiendo diferencias significativas entre los valores de ambos grupos. (T: 3,09;  $p < 0,01$ ). Los valores medios de las presiones arterial y capilar pulmonar en reposo no mostraron diferencias significativas cuando fueron comparadas en ambos grupos; sin embargo, la presión arterial pulmonar media en el máximo ejercicio fue en el grupo I de  $15,3 \pm 7$  mmHg y en el grupo II de  $43 \pm 15$  mmHg, existiendo diferencias significativas entre los valores de ambos grupos (T: 4,48;  $p < 0,001$ ). La presión capilar pulmonar en el máximo ejercicio fue en el grupo I de  $12,7 \pm 2,3$  y en el grupo II de  $13 \pm 1$  no mostrando diferencias significativas. La resistencia pulmonar arterial total en el máximo ejercicio fue en el grupo I de  $166,5 \pm 200$  dinas y en el grupo II de  $367,7 \pm 30$  dinas, existiendo diferencias significativas (T: 2,15;  $p < 0,05$ ).

4) **ERGOMETRIA:** El  $VO_2$  en reposo fue en el grupo I de 3,87 cc/kg y en el grupo II de 3,03 cc/kg, no mostrando diferencias significativas; durante el máximo ejercicio el  $VO_2$  fue en el grupo I de  $18,3 \pm 2,3$  cc/kg y en el grupo II  $14,2 \pm 1,9$  cc/kg, existiendo diferencias significativas (T: 3,37;  $p < 0,05$ ). La frecuencia cardíaca máxima en el grupo I fue de  $153 \pm 8$  y en el grupo II de  $148 \pm 6$  lat/min, no mostrando diferencias signifi-



cativas. La presión arterial sistólica máxima fue en el grupo I de  $169 \pm 20$  mmHg y en el grupo II  $154 \pm 30$  mmHg, no mostrando diferencias significativas. Los METS alcanzados fueron en el grupo I  $5,20 \pm 0,6$  y en el grupo II  $4 \pm 0,6$  mostrando diferencias significativas ( $T: 3,53; p < 0,005$ ). El doble producto fue en el grupo I  $260 \pm 49$  y en el grupo II  $244 \pm 52$ , no mostrando diferencias significativas (fig. 1). En ningún caso se registraron modificaciones del ST ni arritmias; tampoco apareció dolor anginoso en ningún caso. Todos los pacientes presentaban ritmo sinusal.

Así pues, las presiones y resistencias arteriales pulmonares mostraban incrementos notables al ejercicio en el grupo II (pacientes con EPOC severa), siendo limitado el aumento del gasto cardíaco; sin embargo en el grupo I (EPOC moderada) el comportamiento de las presiones, resistencias pulmonares y gasto cardíaco era opuesto: ligeros incrementos de las presiones y resistencias pulmonares y notable aumento del gasto cardíaco (figs. 2, 3 y 4).

Por otra parte y utilizando el método de Student para los datos apareados se relacionaron algunos de los parámetros estudiados, así, relacionando los incrementos del Qc con las presiones arteriales pulmonares en ambos grupos, se observa que existen

diferencias significativas entre los incrementos del Qc y de la presión arterial pulmonar media ( $T: 1,96; p < 0,05$ ) tanto en el grupo I como en el grupo II, pero no las había entre los incrementos del Qc y la presión arterial pulmonar diastólica. Al comparar el comportamiento de los incrementos del Qc y presión arterial pulmonar en ambos grupos, se hallaron diferencias significativas entre los incrementos del Qc y presión arterial pulmonar media ( $T: 4,56; p < 0,001$  y  $T: 3,03; p < 0,05$  respectivamente), pero no entre los incrementos del Qc y presiones arterial pulmonar diastólica y capilar.

En el grupo II se hallaron diferencias significativas entre los incrementos de presión arterial pulmonar diastólica y presión capilar pulmonar ( $T: 2,88; p < 0,01$ ) lo que no ocurría en el grupo I.

### Discusión

De nuestro estudio puede deducirse que los pacientes con EPOC severa (grupo II) muestran aumento limitado del gasto cardíaco en el ejercicio, comparándolos con pacientes con EPOC moderada (grupo I). El aumento del gasto cardíaco en ambos grupos no puede ser atribuido a una reduc-

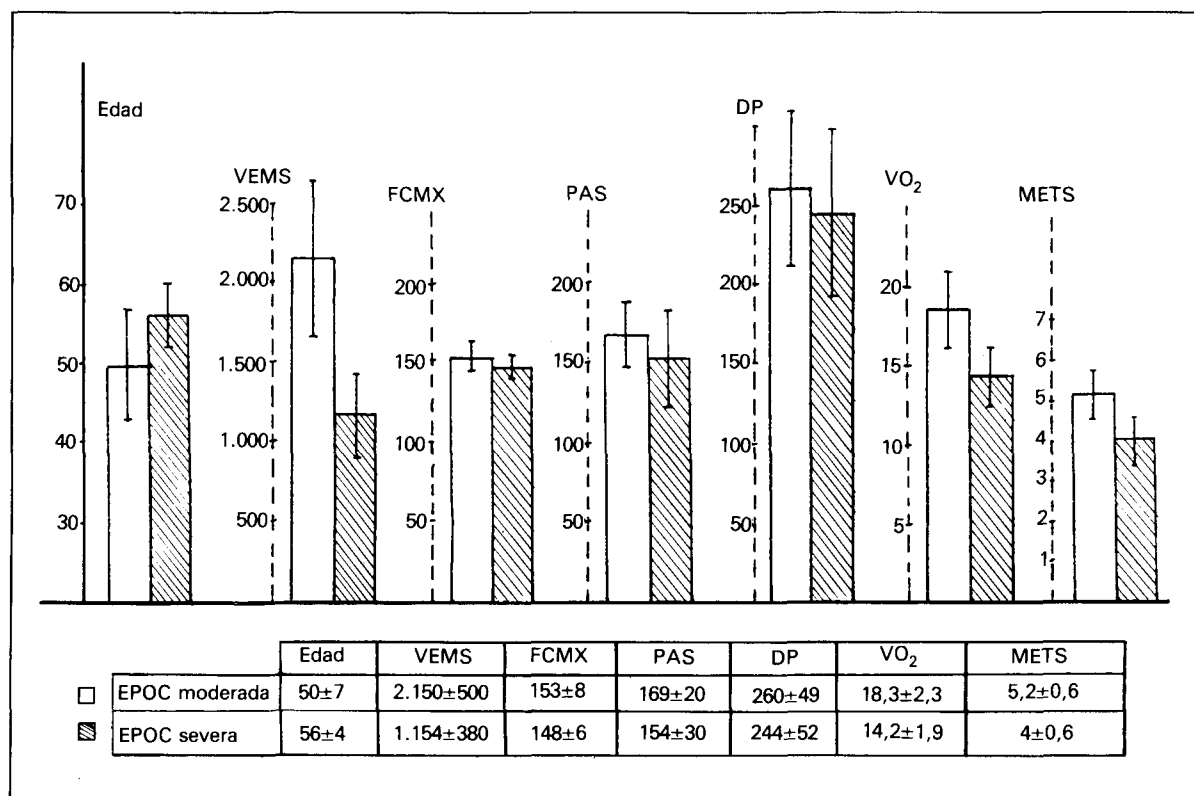


Fig. 1. Se sintetizan los resultados del test de esfuerzo. En barras no rayadas, el grupo de EPOC moderada con VEMS superior a 1600 cc y en barra rayada el grupo de EPOC severa con VEMS inferior a 1600 cc. Abreviaturas: VEMS: Volumen espiratorio máximo segundo; FCMx: Frecuencia cardíaca máxima alcanzada; PAS: Presión arterial sistólica máxima; DP: Doble producto (frecuencia por tensión sistólica); VO<sub>2</sub>: Consumo máximo O<sub>2</sub> cc/kg/peso.

ción notable en la diferencia arterio-venosa de  $O_2$ , ya que no se produjeron desaturaciones significativas durante el ejercicio en ningún caso, sino al aumento del  $VO_2$  significativamente mayor en el ejercicio en el grupo I. Además, existe una relación

significativa entre la severidad de la EPOC, el incremento de la presión arterial pulmonar media y de la resistencia pulmonar total durante el ejercicio.

El test de ejercicio, pone de relieve, generalmente la isquemia miocárdica al obligar al corazón a realizar un mayor trabajo, incrementando el  $VO_2$  al miocardio y el llenado VI o precarga<sup>9,10</sup>; sin embargo, en presencia de EPOC los resultados obtenidos a partir del estudio ergométrico pueden no ser fiables, ya que los pacientes con obstrucción severa al flujo aéreo, aunque pueden alcanzar la frecuencia cardíaca máxima, presentan una seria limitación para incrementar paralelamente el  $VO_2$  y el  $Q_c$  durante el ejercicio<sup>7,8,11,13</sup>. De nuestro estudio se deduce, como ya ha sido señalado previamente<sup>9,13</sup>, y aún en ausencia de una adecuada valoración de los volúmenes VI, que en el ejercicio existe una limitación de la precarga VI en relación con la severidad de la EPOC y determinada por los incrementos importantes que alcanzan las presiones arteriales pulmonares acompañadas sólo por discretos aumentos del  $Q_c$  (figs. 5 y 6).

Por otra parte y en relación con lo anteriormente expuesto, a medida que se agrava la obstrucción al flujo aéreo, el  $VO_2$  se limita más durante el ejercicio<sup>11</sup> perdiendo la relación con la frecuencia cardíaca, por lo que este parámetro no es un método fiable para fijar los techos máximos del test ergométrico.

Por último, hay que destacar en el grupo II, o pacientes con EPOC severa, la presencia de un gradiente entre presión arterial pulmonar diastólica y presión capilar pulmonar que está en relación con

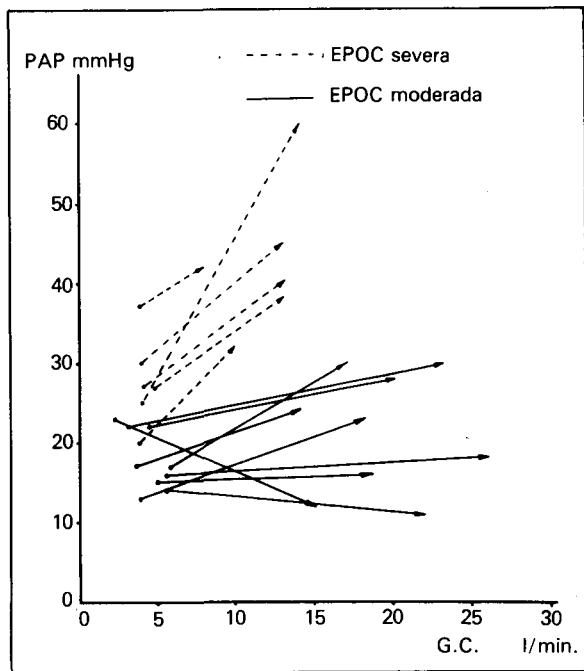


Fig. 2. La base de la flecha indica los datos obtenidos en reposo y el vértice los obtenidos al máximo ejercicio. Sobre las ordenadas vienen expresadas las presiones medias de arteria pulmonar y en las abscisas los gastos cardíacos.

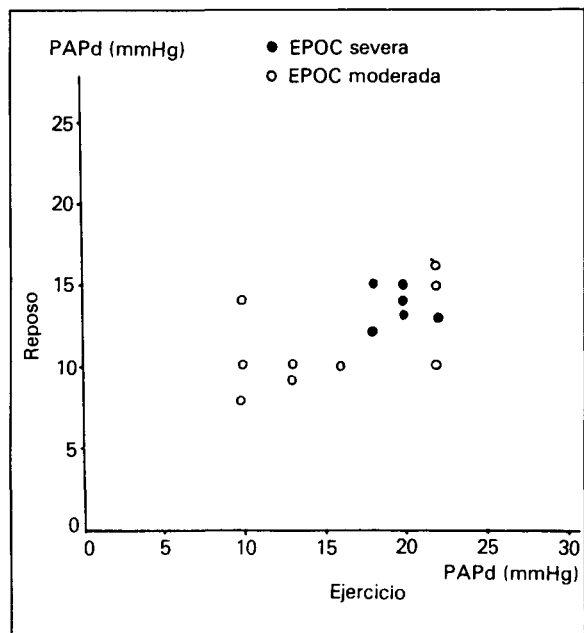


Fig. 3. En el eje de ordenadas y abscisas se representan las resistencias pulmonares totales, sobre las ordenadas los datos de reposo y en las abscisas los obtenidos al ejercicio.

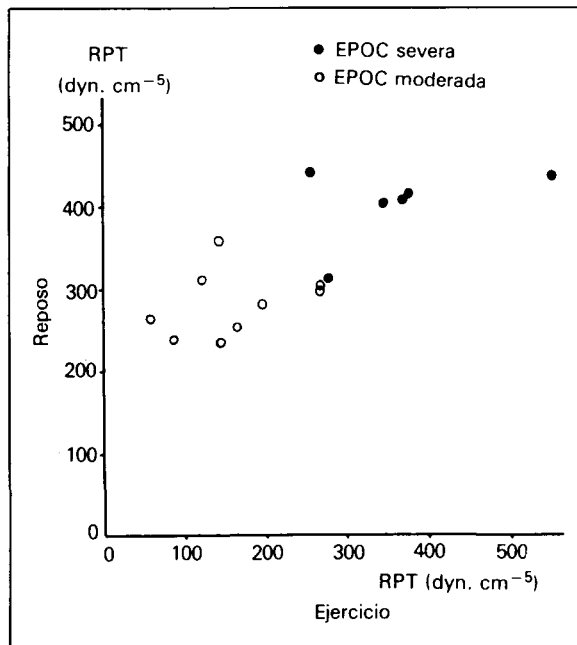


Fig. 4. En esta gráfica al igual que las anteriores representamos las presiones diastólicas de arteria pulmonar de ambos grupos.

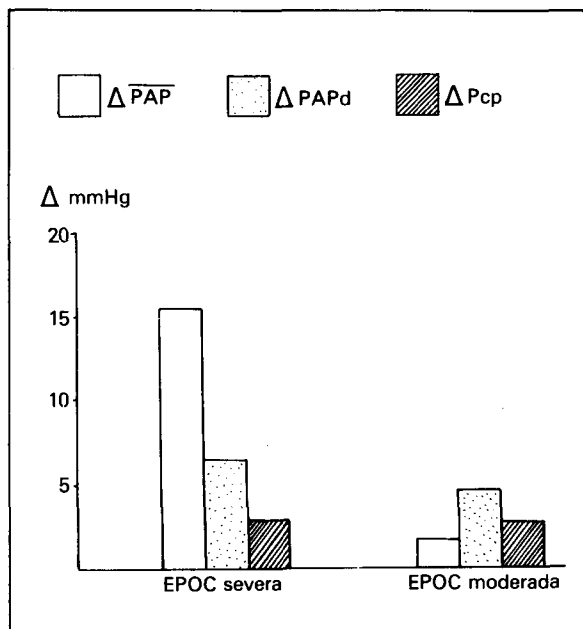


Fig. 5. Se expresan los incrementos obtenidos al ejercicio en mm Hg sobre las ordenadas, en las abscisas los dos grupos de EPOC. Las barras blancas representan la presión media de arteria pulmonar, las punteadas la presión diastólica pulmonar y las rayadas la presión capilar.

la severidad de la EPOC (fig. 5). La aparición de este gradiente de presión, creemos que tiene importancia ya que en estos casos, no debe tomarse la presión diastólica arterial pulmonar como índice de presión de llenado del VI.

En conclusión teniendo en cuenta que la EPOC es una entidad muy extendida y cuyo diagnóstico puede pasar inadvertido, en todo paciente sospechoso que vaya a ser sometido a un estudio ergométrico, debería realizarse previamente un estudio de función pulmonar, ya que la EPOC puede ser un factor que contribuye de modo importante a la limitación del valor diagnóstico del test ergométrico.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Kramer N, Susmano S, Shekelle RR: False negative. Treadmill exercise test and left ventricular dysfunction. *Circulation* 1978; 57: 763-768.
2. Martin CM, Conalhay DR: Maximal treadmill exercise electrocardiography: correlations with coronary arteriography and cardiac hemodynamics. *Circulation* 1972; 46:956-962.
3. Helfent RH, Wokmas PS, Gorlin R: Functional importance of the human coronary collateral circulation. *New Eng J Med* 1971; 1277: 284-289.

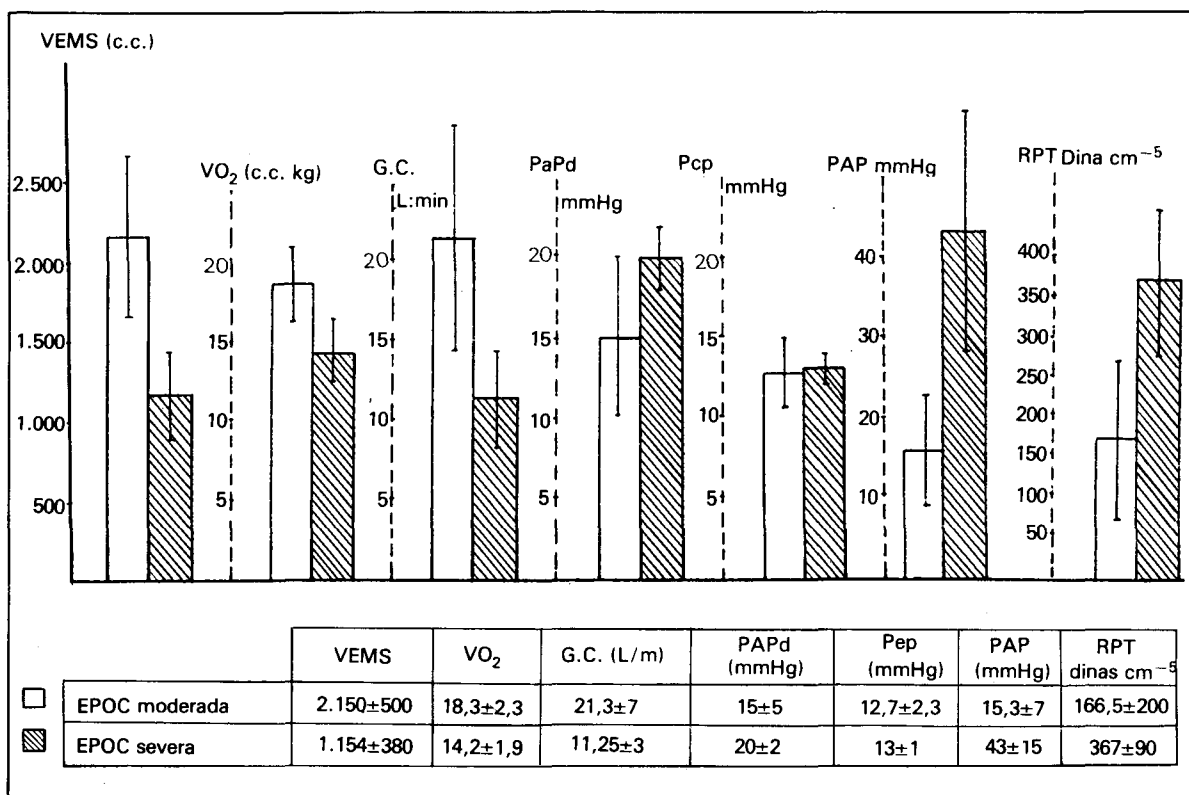


Fig. 6. Se sintetizan todos los datos hemodinámicos, expresando en barras no rayadas el grupo de EPOC moderada y en barras rayadas el grupo de EPOC severa, en la zona inferior se expresan las cifras obtenidas con las desviaciones de ambos grupos. Abreviaturas: VEMS: Volumen espiratorio máximo segundo; VO<sub>2</sub>: Consumo máximo de O<sub>2</sub> en cc/kg peso. G.C./m: Gasto cardíaco litros minuto. Pa PD: Presión arterial pulmonar diastólica. Pcp.: Presión capilar pulmonar. PAP: Presión media arteria pulmonar. RPT: Resistencias pulmonares totales.

4. Boushy SF, Thompson HK Jr, North LB et al: Prognosis in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1972; 108: 1373-1383.
5. Burrows B, Kettel LJ, Niden AH et al: Pattern of cardiovascular dysfunction in chronic obstructive lung disease. *New Eng J Med* 1972; 286: 912-918.
6. Filley GF, Beckwitt HJ, Reeves JT et al: Chronic obstructive bronchopulmonary disease: Oxygen transport in two clinical types. *Am J Med* 1968; 44: 26-31.
7. Matthay RA, Berger HJ, Davies RA et al: Effect of steady state exercise on right and left ventricular performance in chronic obstructive pulmonary disease. Noninvasive assessment by radionuclide angiography. *Chest* 1980; 77:303.
8. Kremer R, Timmerman G, Bandrez J, Lambecht P: Hemodinamique pulmonaire dans la pneumoconiose des houilleurs. *Rev Institut d'Hygiene des Mines* 1967; 23: 3-24.
9. Ludbrook PA, Byrne JD, Mc Knight RC: Influence of right ventricular hemodynamics on left ventricular pressure volume relations in man. *Circulation* 1979; 59: 21-31.
10. Maun T, Goldberg S, Mudge GH, Grossman W: Factors contributing to altered left ventricular diastolic properties during angina pectoris. *Circulation* 1979; 59: 14-20.
11. Romero Colomer P, Schrijen F: Hemodynamique pulmonaire a l'exercice et puissance maximale tolerée dans les bronchopneumopathies chroniques. *Bull Physic Path Resp* 1974; 10: 301-314.
12. Olvely SK, Reduto LA, Stevens PM et al: First pass radionuclide assesment of right and left ventricular ejection fraction in chronic pulmonary disease. Effect of oxygen upon exercise response. *Chest* 1980; 78: 4-9.
13. Slutsky R, Hooper W, Ackerman W, Ashburn W, Gerber K, Moser K, Karliner J: Evaluation of left ventricular function in chronic pulmonary by exercise gated equilibrium radionuclide angiography. *Am Heart J* 1981; 101: 414-420.