

## ERGOMETRIA EN NEUMOPATIAS CRONICAS

J. A. CABALLERO Y A. DUPLÁ

*Sanatorio Nacional de Enfermedades Torácicas*

*Director: Dr. F. Tello*

*(Zaragoza)*

Dentro del gran avance experimentado en los últimos años por el estudio de la fisiopatología respiratoria, la ergometría ha venido a llenar un importante capítulo en la exploración de la función respiratoria. Si además tenemos en cuenta los crecientes problemas de la patología laboral en el campo de las coniosis y fibrosis pulmonares, consecuentes al progresivo desarrollo industrial, veremos que la valoración del «grado de incapacidad» no puede ya establecerse solamente por la simple exploración radiográfica, espirográfica o gasométrica.

Es un hecho bien conocido que muchas veces el resultado de las pruebas normales (radiografía, espirografía) no concuerda con el grado de incapacidad del paciente. Es cierto que en estados avanzados la última exploración, sobre todo en los parámetros dinámicos, nos da datos de gran valor diagnóstico, pero no debemos olvidar que la mayor parte de estas exploraciones se realizan con el sujeto en reposo y sus resultados pueden llevarnos a un juicio erróneo si las perturbaciones cardio-respiratorias no son importantes o muy avanzadas.

En estos pacientes con un fondo patológico larvado, sin repercusión clínica o funcional evidente, es donde entra en juego la ergometría. El ejercicio físico, el esfuerzo, va a determinar un cambio importante en el metabolismo de los tejidos y la puesta en marcha de mecanismos de compensación circulatoria y respiratoria que en muchos casos no son demostrables en las exploraciones normales.

### TECNICA Y MEDIDA DE VALORES

*Los parámetros medidos en la ergometría son de tres clases:*

*Ventilatorios, cardiovasculares y sanguíneos*

I. VENTILATORIOS.—Tras realizar un espirograma previo que nos sirve de guía de la situación ventilatoria del proceso, utilizamos para la prueba de esfuerzo un ergómetro de pedales con freno eléctrico calibrado de 0 a 320 W. Hemos intentado efectuar el registro de la ventilación durante toda la prueba, conectando al paciente un espirógrafo con aporte automático de  $O_2$ . Salvo en esfuerzos ligeros el aumento progresivo de  $CO_2$  en el circuito determina una hipercapnia con tendencia a aumentar, a pesar de la hiperventilación que ella produce, con lo que la gráfica obtenida no es real. El método de intercalar depósitos absorbentes con cal sodada en el circuito, tampoco resulta eficaz. Este inconveniente está salvado con aparatos como el metabógrafo de FLEISCH o el pulmotest de

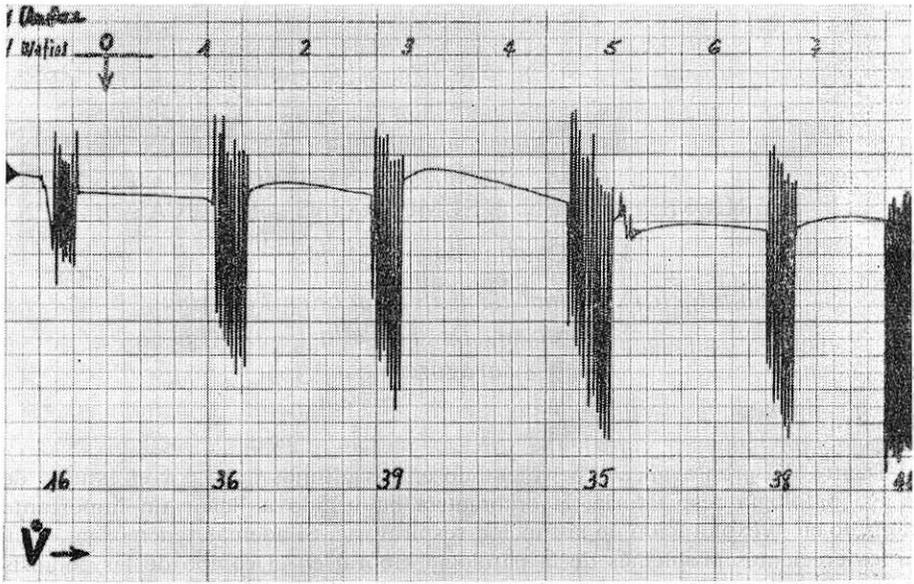


Fig. 1

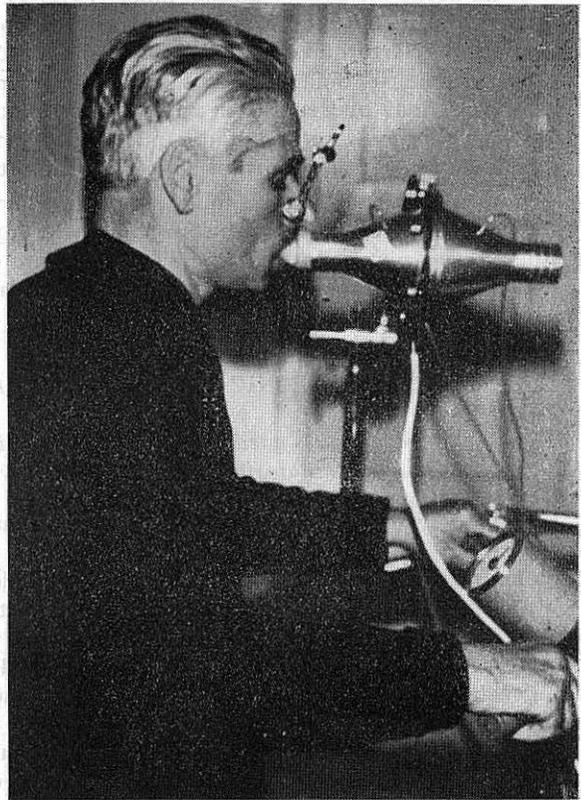


Fig. 2

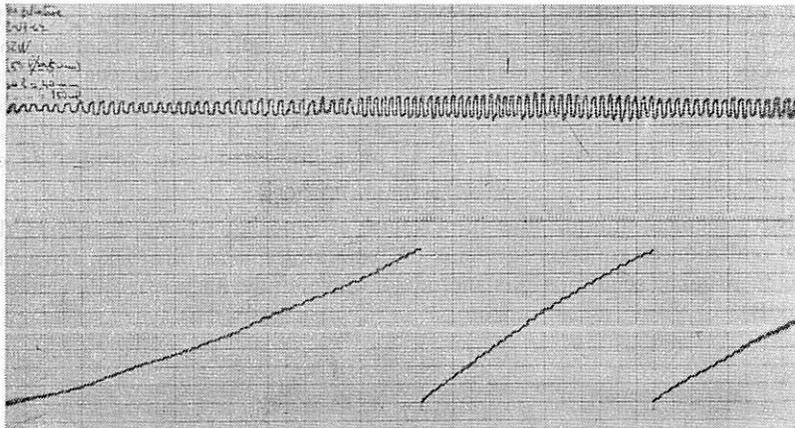


Fig. 3

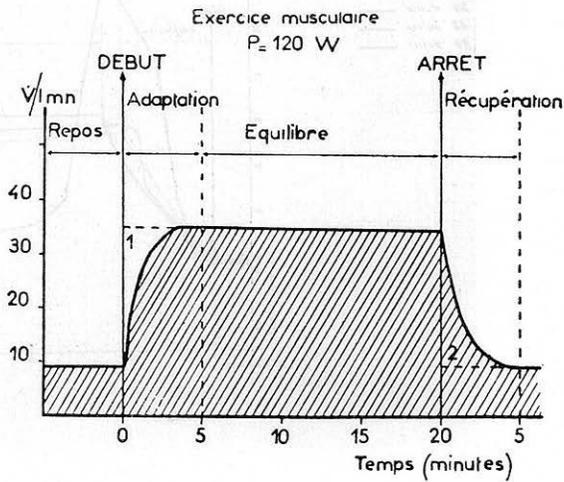


Fig 4

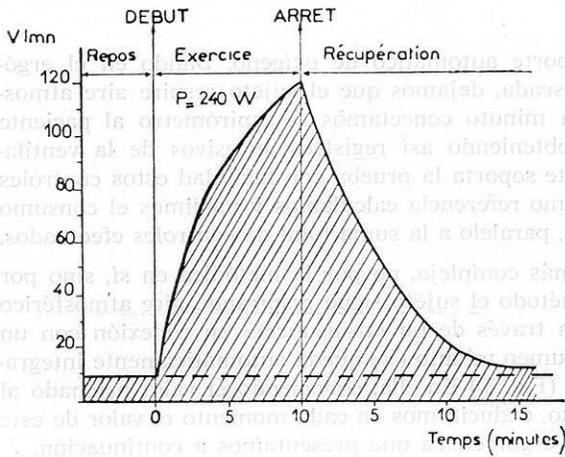


Fig. 5

GODART, que permite al sujeto respirar constantemente en circuito cerrado un aire de la misma composición al retirar el  $\text{CO}_2$  mediante su absorción por la potasa. Con ellos, aparte de los parámetros ventilatorios se conoce el consumo de  $\text{O}_2$  y la eliminación de  $\text{CO}_2$  con los cocientes que de ellos se derivan. Debido a su elevado costo estos métodos de exploración se limitan a muy pocos centros. Quizá por ello la ergometría no se haya impuesto como técnica de exploración corriente.

Nuestra técnica, aunque más imperfecta, creemos que tiene el interés de poder ser realizada en muchos servicios de fisiopatología respiratoria. Para el control de la prueba, seguimos dos métodos: uno simple A) y otro algo más complicado B).

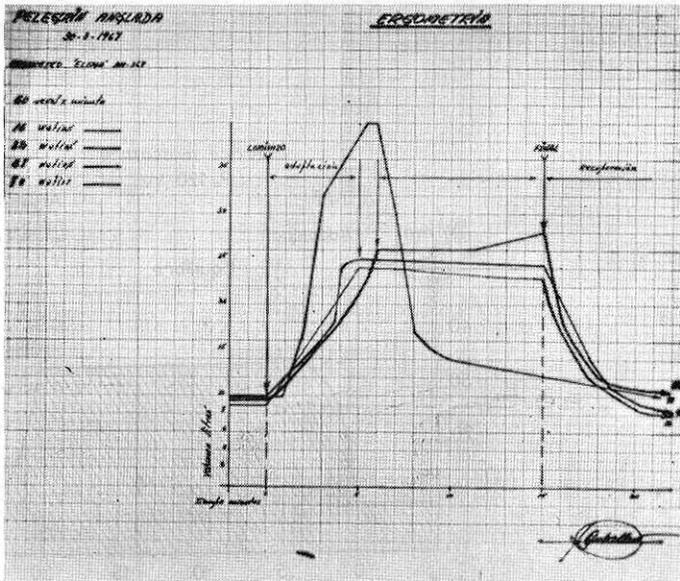


Fig. 6

A.—Con el espirógrafo y aporte automático de oxígeno. Dando en el ergómetro la potencia en vatios deseada, dejamos que el sujeto respire aire atmosférico durante toda ella. Cada minuto conectamos el espirómetro al paciente durante unos diez segundos, obteniendo así registros sucesivos de la ventilación. (Fig. 1.) Cuando el paciente soporta la prueba con facilidad estos controles pueden ser más espaciados. Como referencia calculamos y medimos el consumo de  $\text{O}_2$  en la campana del aporte, paralelo a la suma total de controles efectuados.

B.—La segunda técnica es más compleja, no por la metódica en sí, sino por el utillaje utilizado. Con este método el sujeto sigue respirando aire atmosférico durante toda la prueba, pero a través de un «transductor» en conexión con un neumotacógrafo. (Fig. 2.) El volumen minuto (V) queda automáticamente integrado y registrado en una gráfica. (Fig. 3.) En ella, conociendo el valor asignado al papel y a la velocidad del mismo, deduciremos en cada momento el valor de este V para su traslado a la gráfica ergométrica que presentamos a continuación.

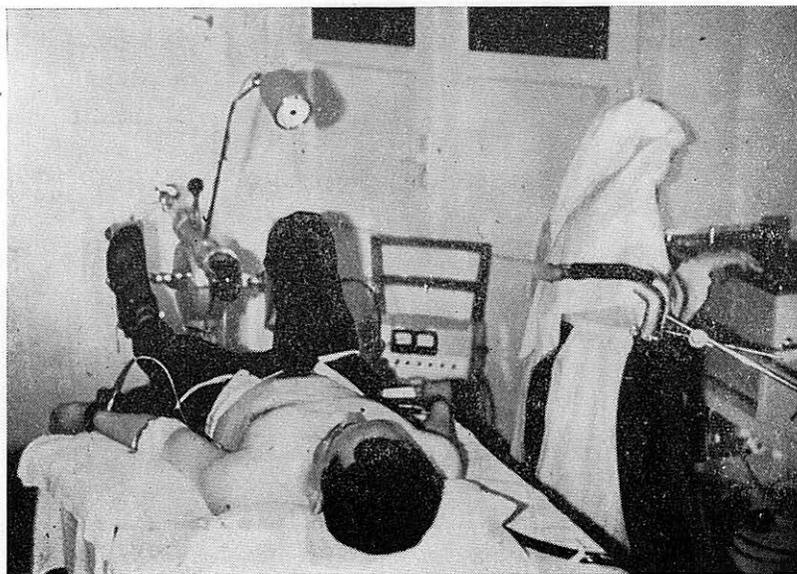


Fig. 7

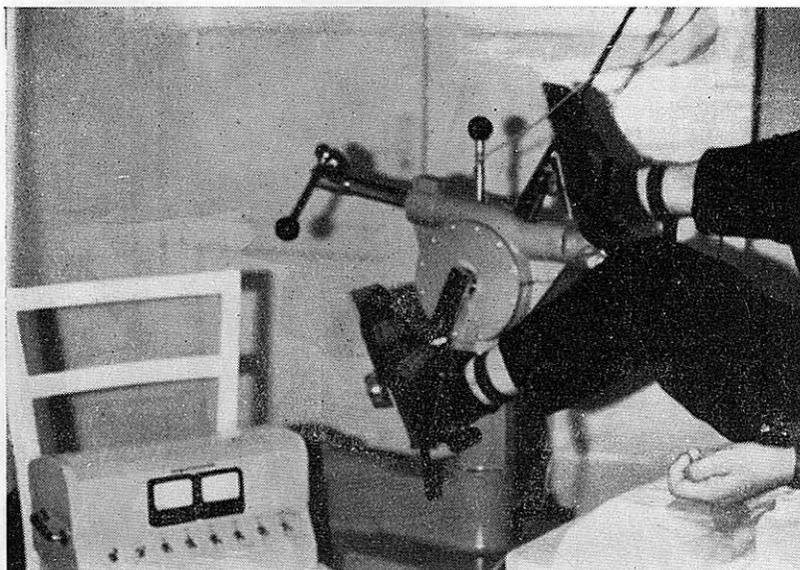
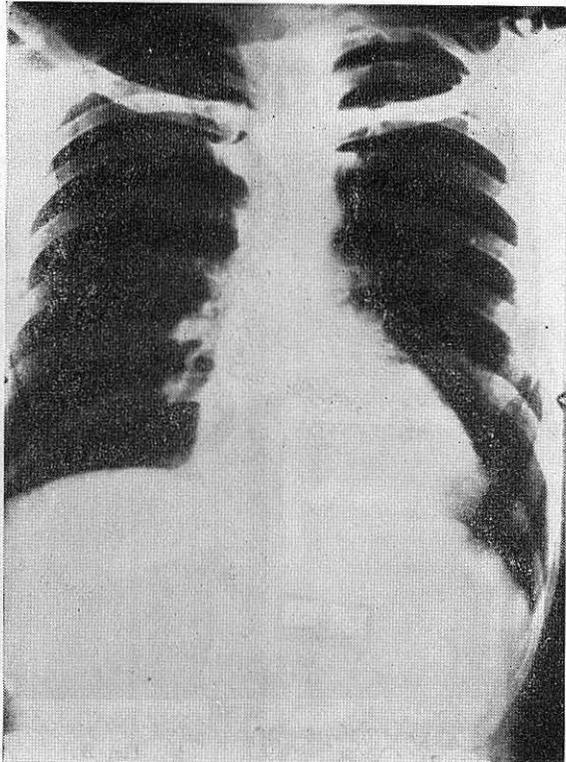
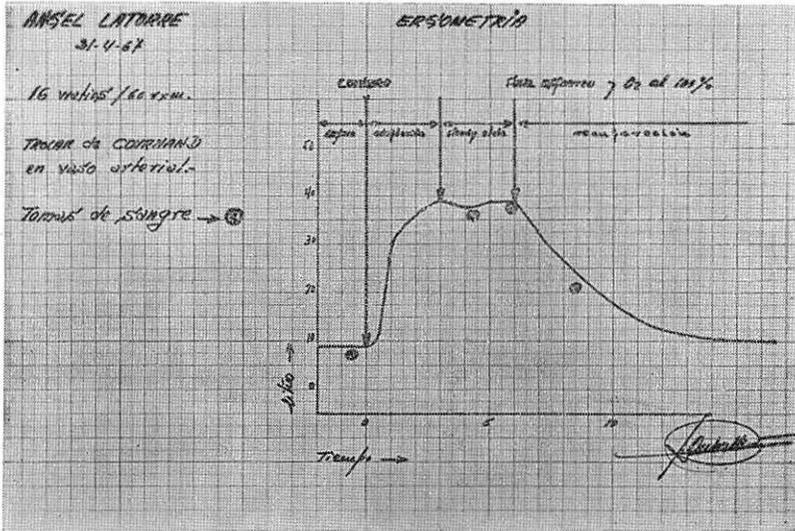


Fig. 8





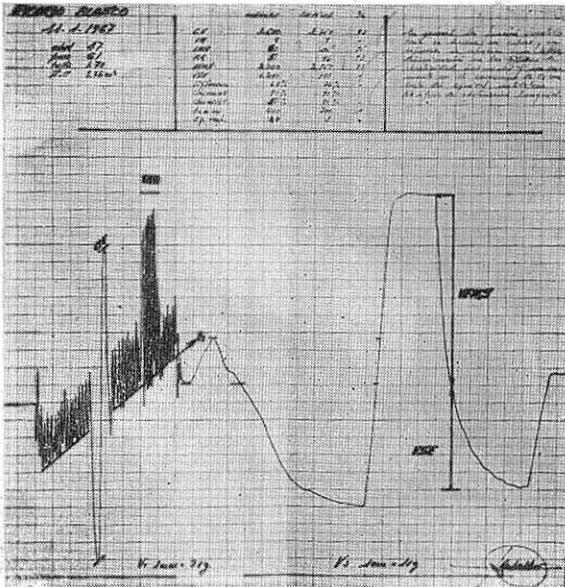


Fig. 13

Los trazados ergométricos dependerán: de la duración de la prueba, de la potencia o trabajo impuesto y de la situación del paciente. En general, cuando el esfuerzo es soportado no lo prolongamos más de quince minutos. Obtenido el registro por cualquiera de los métodos anteriores dividimos el trazado ergométrico, siguiendo la metódica de la Escuela de NANCY. Si el esfuerzo ha sido soportado tendremos una gráfica como la figura 4; si no lo ha sido, como la figura 5.

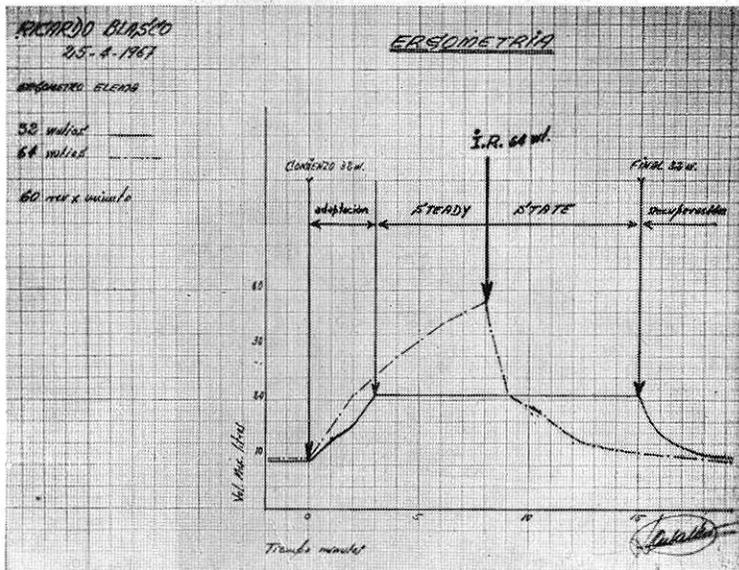


Fig. 14

En la primera de ellas podemos ver las tres fases fundamentales de la prueba dinámica:

a) *Período de adaptación*.—Variable según el ejercicio, su intensidad y la respuesta del sujeto. Cuando la prueba no es soportada, éste pasa a la fase de recuperación. (Fig. 5.) Si el esfuerzo es bien tolerado, tras ella se establece un equilibrio entre éste y la ventilación, el trazado ergométrico se estabiliza, es el llamado

b) *Período de equilibrio*.—(Estado estable, *steady state*.) En él la ventilación y el consumo de  $O_2$  sufren sólo ligeras variaciones.

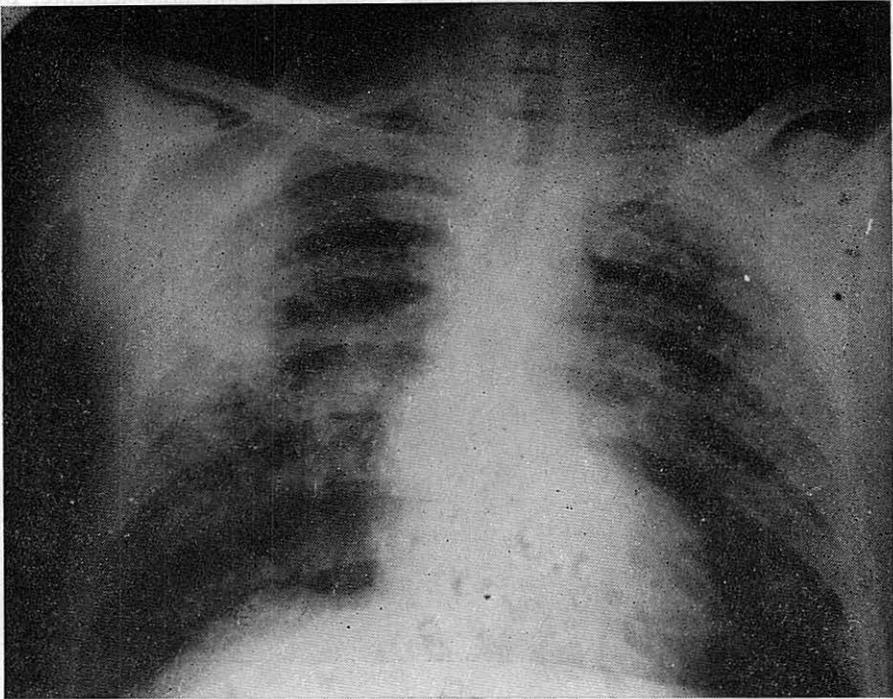


Fig. 15

c) *Período de recuperación*.—En esta fase, ya en reposo, el sujeto, tras un tiempo variable, vuelve a su situación inicial, compensando la «deuda de oxígeno» contraída en el período inicial.

En pruebas ergométricas con estabilidad, los períodos *a* y *c* deben ser equiparables. Cuando esto no se logra, la fase de recuperación se prolonga, siendo su duración un índice indirecto de la afectación de la perfusión alveolocapilar.

*Concepto y valoración del PMS*.—Establecida así la gráfica ergométrica inicial, se realizan con el paciente pruebas sucesivas con trabajos cada vez más intensos, con intervalos de descanso prolongados entre ellas. (Fig. 6.)

Cuando al paciente se le exige un esfuerzo mayor a sus posibilidades, se produce en él una acidosis metabólica con descenso de pH por debajo de 7,4 y de la reserva alcalina por bajo de los 53 vol. %. Ello se combina con una alcalosis respiratoria de compensación consecuente a la hiperventilación, al aumen-

tar al máximo, la frecuencia y profundidad de los movimientos respiratorios. La disnea extrema, sudoración, pérdida del ritmo del pedaleo y a veces la pérdida de conciencia pasajera, hacen que el enfermo suspenda la prueba o se le indique el hacerlo, entrando entonces en la fase de recuperación. SADOUL define la «Potencia Máxima Soportada» o PMS, como el «ejercicio más intenso que puede ser mantenido por el sujeto durante veinte minutos en régimen estable». Este valor para personas normales es de 120 W. Entrenamiento, edad, sexo y tipo de enfermedad influyen notablemente en la valoración del PMS.

II. CARDIOVASCULARES.—Pulso, presión arterial y ECG pueden controlarse sin dificultad durante la ergometría. En enfermos hospitalizados hemos podido comprobar cómo para la misma prueba de esfuerzo varían notablemente. De ahí la influencia del entrenamiento en estas pruebas.

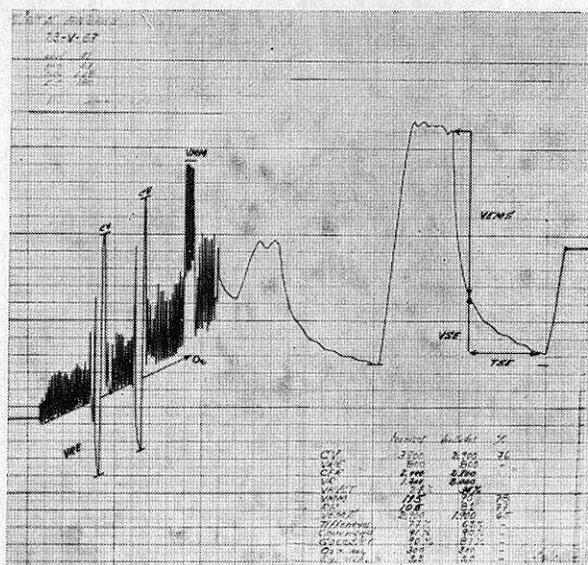


Fig. 16

III. SANGUÍNEOS.—La obtención de muestras de sangre arterial por punción de la radial, no ofrece serias dificultades cuando esta técnica se realiza con asiduidad. Sin embargo, la colocación del trócar de COURNAND y su mantenimiento en el antebrazo, tiene muchos inconvenientes cuando al enfermo se le exige un trabajo intenso sobre el ergómetro. Los movimientos propios de la prueba hacen que el trócar pueda lesionar el vaso, con formación de hematomas o bien se salga de su luz con lo que imposibilita la toma de sangre arterial en el momento preciso. Por ello preferimos, una vez conocida la adaptación del sujeto a diferentes esfuerzos (fig. 6), seguir la técnica siguiente:

Colocamos al paciente en una mesa especial en decúbito y le adaptamos el ergómetro con los pedales sujetos a los pies. (Figs. 7 y 8.) Se coloca el trócar en arteria y tomamos una primera muestra de sangre antes de comenzar el ejercicio. Se colocan también los electrodos para toma de ECG de esfuerzo y el espirómetro para registro continuo del consumo de O<sub>2</sub> en la fase de recupe-

ración. Así dispuesto el paciente, realiza el esfuerzo de vatios elegido por nosotros y medido previamente en la ergometría en posición normal. Las tomas de sangre arterial se hacen en las tres fases de la gráfica o en el momento que se considere oportuno, anotando el tiempo de cada una de ellas. (Fig. 9.)

Valoramos en cada toma: pH,  $pO_2$  y  $pCO_2$  por una parte y volúmenes de  $O_2$  y  $CO_2$  por otra.

Creemos que la ergometría en estas condiciones nos permite completar el estudio de la función respiratoria del sujeto y, al mismo tiempo, conocer con más exactitud el grado de adaptación entre la ventilación y la circulación pulmonar. La dinámica pulmonar y la perfusión alveolocapilar, pueden ser norma-

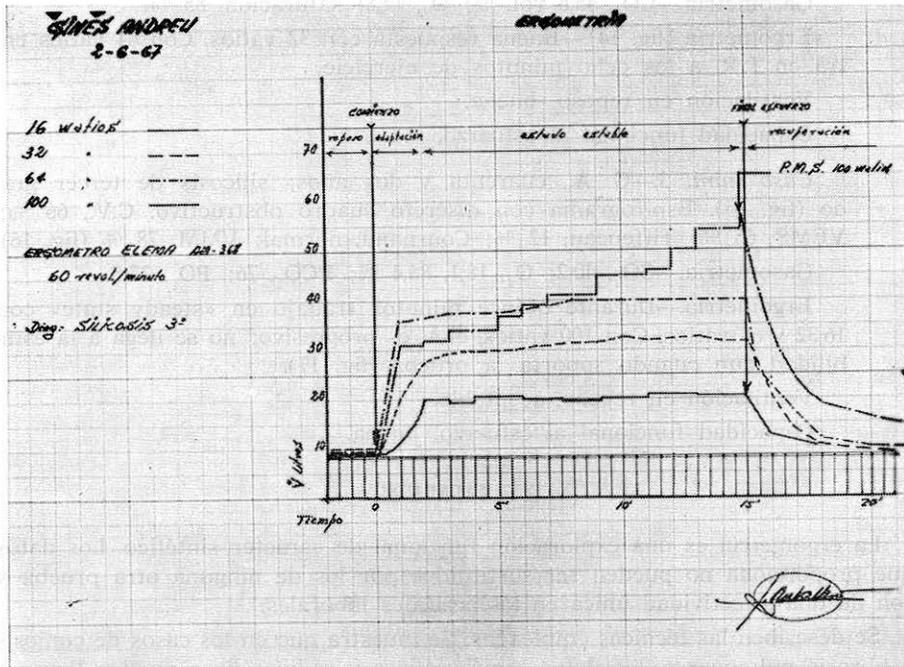


Fig. 17

les o poco afectadas, en exploraciones realizadas con el sujeto en reposo. Las respuestas fisiológicas que lleva consigo el trabajo muscular, nos permitirán conocer la adaptación de la ventilación a ese esfuerzo, así como el electrocardiograma, la adaptación circulatoria y hemodinámica. Ambas conjuntamente, pueden evidenciar una incapacidad respiratoria que la espirografía y los gases en sangre con el sujeto en reposo no son capaces de señalar.

Estamos de acuerdo con LACOSTE en que la ergometría en estas circunstancias, reúne por sí sola un interés diagnóstico y pronóstico tan elocuente que justifica su aplicación, a pesar de sus múltiples dificultades, como un complemento valioso y a veces definitivo del resto de las pruebas funcionales.

**Caso núm. 1.**—A. L., cuarenta y cuatro años; enfisema difuso bilateral (fig. 10). El espirograma muestra un V aumentado; CV, VEMS, VMM,  $O_2$  por minuto, normales. Tiffeneau, 65 %. VR, 3.100 c. c. (fig. 11).

Gasometría.—CO<sub>2</sub>, 39,6 vol. %; O<sub>2</sub>, 17,3, correspondientes a una saturación del 82,6 %.

Ergometría (fig. 9).—Trabajo mínimo de 16 vatios, que no soporta a los cuatro minutos por insuficiencia. La saturación arterial de O<sub>2</sub> es del 79 % en ese momento.

Ventilación en reposo, normal.

Capacidad funcional al esfuerzo, muy mala.

Caso núm. 2.—R. B., cuarenta y siete años; silicosis de tercer grado (fig. 12). Espirograma con buena función ventilatoria y buena elasticidad (fig. 13).

Gasometría.—CO<sub>2</sub>, 45,6 vol. %; O<sub>2</sub>, 17,8; saturación, 85 %.

Ergometría (fig. 14).—Buena respuesta con 32 vatios. Con 64 vatios entra en I.R. a los ocho minutos de ejercicio.

Ventilación en reposo, buena.

Capacidad funcional al esfuerzo, mala.

Caso núm. 3.—G. A., cuarenta y dos años; silicosis de tercer grado (fig. 15). Espirograma con discreto cuadro obstructivo. C.V., 66 %; VEMS, 65 %; Tiffeneau, 12 %; Cournand, normal; VMM, 78 % (fig. 16).

Gasometría.—CO<sub>2</sub>, 40,2; O<sub>2</sub>, 18,1, 86,4 %; PCO<sub>2</sub>, 76; PO<sub>2</sub>, 37,5.

Ergometría.—Durante quince minutos trabajo en «steady state» con 16,32 y 64 vatios. Con 100 vatios, el V es progresivo; no se llega a la estabilidad aun cuando soporta la prueba (fig. 17).

Ventilación en reposo, aceptable.

Capacidad funcional al esfuerzo, buena.

## RESUMEN

La ergometría es una exploración funcional de carácter sintético. Los datos que proporciona no pueden ser sustituidos por los de ninguna otra prueba y son de una selectividad única en los peritajes laborales.

Se describen las técnicas empleadas. Se muestra que en los casos de coniosis y fibrosis pulmonares, los datos espirográficos y radiográficos pueden llevar a un error que sólo la ergometría aclara.

## SUMMARY

The ergometry is a synthetic functional exploration. It gives data not available by any other of such explorations and it is of unmatched selectivity in the laboral survey. The technics used are described. In pulmonary coniosis and fibrosis it is demonstrated that the radiological and spirographic findings can carry to an error only corrected by the ergometry.

## BIBLIOGRAFIA

- DURAND, D.: *Principe des épreuves d'exercice musculaire*. En: DENOLIN H., SADOUL P. ORIE: *L'exploration fonctionnelle pulmonaire*, Paris, Flammarion, 1964.
- LACOSTE, J.; ROBIN, H.; BAUDOUIN R.: *Ergospirométrie chez les malades*. *Le Poumon et le Coeur*, 19: 579-621, 1963.
- NIKLY, J.: *Exercices musculaires et épreuves dynamiques. Ergospirometrie*. (*La Rev. du Praticien*) 15: 1587-1593, 1965, *Rev. Prat.*
- PESLIN, R.; ROBIN, H.; HERAN, J.; REICHART, E.: *Ergospirométrie. Techniques et résultats chez l'homme sain*. *Le Poumon et le Coeur*, 19: 547-579, 1963.
- SADOUL, P.; DURAND, D.: *A propos du régime stable au cours de l'exercice musculaire chez l'homme sain*. *C. R. Séances Soc. Biol.*, 151: 1008-1009, 1957.
- TELLO, F.: *Circulación y Ventilación*. Madrid, 1958.