

## TEMAS DE ACTUALIDAD

### IMPORTANCIA DE LAS PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO PULMONAR

por los doctores

JOSE SKIBINSKY \* y REMO H. STUPENENGO \*\*

I. INTRODUCCIÓN. — Las pruebas del funcionalismo pulmonar fueron consideradas, hasta hace algunos años, como un método destinado exclusivamente a investigaciones fisiológicas. Pero, a partir de los rápidos avances de la cirugía tóraco-pulmonar se comprendió, prontamente, que ellas constituían un recurso de gran valor para la indicación quirúrgica y la predicción postoperatoria <sup>12</sup>.

Las distintas escuelas de fisiólogos y clínicos, utilizaban diversas denominaciones para referirse a una misma prueba del funcionalismo pulmonar y, además, pruebas diferentes tenían igual denominación. Esto trajo una anarquía, a la que puso fin un comité de fisiólogos del aparato respiratorio que normalizó la nomenclatura <sup>3</sup>, la que hoy se acepta universalmente.

Con posterioridad, el aumento de los conocimientos acerca de la fisiopatología cardíaca y pulmonar y la incorporación de un nuevo método de investigación —el cateterismo cardíaco— que completaba los hasta entonces conocidos, favorecieron el mejor conocimiento del funcionalismo pulmonar en las distintas enfermedades cardíacas, pulmonares y cardiopulmonares. En el mismo sentido constituyó un factor importante la simplificación de los métodos para efectuar las distintas pruebas.

En consecuencia, se perfeccionó el conocimiento de los mecanismos perturbados con el consiguiente progreso en la terapéutica.

No debe olvidarse, sin embargo, que estas pruebas son incapaces, en muchas ocasiones, de indicar dónde está y cuál es la lesión <sup>1</sup> y si la misma tiene o no carácter definitivo. Por todo ello, la información obtenida de las pruebas de la función pulmonar constituyen solamente un complemento, aunque muy valioso, de la información

\* Pabellón de Cardiología L. H. Inchauspe. Policl. Ramos Mejía. Bs. Aires.

\* Policl. Muñiz. Servicio del Prof. F. Médici. Bs. Aires.

obtenida por la clínica, radiología y demás investigaciones complementarias del diagnóstico <sup>11</sup>.

Señalamos, finalmente, que como medida objetiva de la capacidad respiratoria, los estudios de la función pulmonar son de la mayor importancia, para valorar la extensión del proceso, determinar las funciones perturbadas, conocer la evolución de la enfermedad, apreciar con valores comparables los resultados del tratamiento y, a veces, obtener un adecuado concepto de la fisiopatología de la enfermedad <sup>2</sup>.

II. ESTUDIO DE LA FUNCIÓN CARDIOPULMONAR. — Presenta dos aspectos fundamentales: a) los métodos para la determinación de la función pulmonar y, b) la correlación de los estudios de la función pulmonar.

A. *Métodos para la determinación de la función pulmonar.* — Comprende tres grupos de procedimientos: 1) estudios respirométricos; 2) estudio de la sangre arterial y 3) cateterismo cardíaco.

Los estudios respirométricos consideran dos aspectos: a) espirometría o estudio de la función pulmonar global y, b) broncoespirometría o estudio de la función de cada pulmón por separado.

La espirometría valora:  $\alpha$ ) los volúmenes pulmonares y,  $\beta$ ) la ventilación pulmonar.

El estudio de los volúmenes pulmonares comprende: I) volumen corriente; II) capacidad vital; III) relación capacidad vital-tiempo; IV) capacidad inspiratoria; V) volumen de reserva espiratoria; VI) volumen de reserva inspiratoria; VII) volumen residual; VIII) capacidad funcional residual; IX) capacidad pulmonar total y X) relación entre volumen residual y capacidad pulmonar total.

El estudio de la ventilación pulmonar comprende: I) ventilación minuto; II) capacidad respiratoria máxima; III) reserva ventilatoria; IV) equivalente de ventilación; V) índice de velocidad aérea; VI) mezcla intrapulmonar; VII) medida instantánea del flujo aéreo y VIII) consumo de oxígeno.

### 1. ESTUDIOS RESPIROMETRICOS. a) *Espirometría. Volúmenes pulmonares.*

I) *Volumen corriente.* Es la cantidad de aire que entra y sale del aparato respiratorio, durante la respiración normal y tranquila.

Este índice es muy variable y su valor promedio en sujetos normales es 500 cm<sup>3</sup>. Adquiere mayor significación cuando se lo rela-

ciona con la frecuencia respiratoria, constituyendo, el producto de estos factores, la *ventilación minuto*.

Cuando los valores del volumen corriente son muy pequeños, asemejándose a los del espacio muerto, la ventilación pulmonar está muy perturbada, tal como ocurre en el enfisema pulmonar crónico. En estas condiciones, los enfermos hiperventilan hasta el momento en que la descompensación final los lleva a la hipoventilación.

La hiperventilación se logra por aumento del volumen corriente o de la frecuencia respiratoria, o de ambos factores a la vez.

II) *Capacidad vital*. Es el volumen máximo de aire que se puede expulsar de los pulmones, con una espiración forzada, a continuación de una inspiración forzada.

El valor promedio de la capacidad vital es de 3640 cm<sup>3</sup>.<sup>4</sup> pudiendo tener oscilaciones hasta del 20 %. Sus valores disminuyen, habitualmente, cuando distintos factores pulmonares o extrapulmonares reducen el volumen pulmonar, tal como ocurre en las resecciones quirúrgicas de tejido pulmonar, atelectasia, fibrosis, infecciones, pleuresías, hidrotórax, etc.

Enfermos con trastornos en el funcionalismo pulmonar pueden, sin embargo, tener capacidad vital normal o alta, como se observa en el enfisema pulmonar crónico. Asimismo, este índice puede variar, cuando disminuye la obstrucción bronquial. Esto es muy importante para el estudio de los efectos de las drogas broncodilatadoras.

Este índice debe interpretarse teniendo en cuenta diversas fórmulas que introducen factores de corrección, como ser edad, talla y peso<sup>5,6</sup>.

También puede valorarse la capacidad vital en relación con la capacidad pulmonar total, de la que representa, normalmente, entre 50 y 65 %.

$$\text{Para ello empleamos la fórmula } \frac{\text{Capacidad vital}}{\text{Capacidad pulmonar total}} \times 100.$$

Este índice es más significativo si se lo relaciona con el tiempo, constituyendo la relación capacidad vital-tiempo.

III) *Relación capacidad vital-tiempo*. Diversos autores<sup>1,7,8</sup> estudiaron esta relación con diferentes métodos y aparatos, estableciendo que el 80 % del total de la capacidad vital debe espirarse en el primer segundo de la espiración<sup>8</sup>. Esta relación se altera en enfermos con broncoconstricción, como ocurre en el asma bronquial y en el

enfisema pulmonar crónico, donde el completo vaciamiento de aire de los pulmones se efectúa gracias a la prolongación del tiempo espiratorio.

IV) *Capacidad inspiratoria* (aire complementario). Es el volumen máximo de aire que se puede inspirar a continuación de una espiración tranquila.

Constituye el 75 al 80 % de la capacidad vital.

V) *Volumen de reserva espiratoria* (aire de reserva suplementario). Es el volumen máximo de aire que puede espirarse después de una espiración normal.

Representa el 20 al 25 % de la capacidad vital y sufre variaciones diarias hasta del 8 %, dependiendo, entre otras cosas, de la posición del individuo durante el examen.

El volumen de reserva espiratoria aumenta con la edad, a expensas de la capacidad inspiratoria, por cuanto la posición media respiratoria se eleva con el envejecimiento del individuo normal.

VI) *Volumen de reserva inspiratoria* (aire complementario, aire complementario menos el aire corriente, capacidad inspiratoria menos volumen corriente). Es la cantidad máxima de aire que puede inspirarse a partir del final de una inspiración normal, que sigue a una espiración tranquila en reposo.

VII) *Volumen residual* (capacidad residual o aire residual). Es la cantidad de aire que queda en los pulmones al final de una espiración forzada, es decir la diferencia entre la capacidad funcional residual y el volumen de reserva respiratoria.

Su valor se calcula restando a la capacidad funcional residual el volumen de reserva espiratoria.

Sumando el volumen residual a la capacidad vital se obtiene la capacidad pulmonar total.

El valor normal del volumen residual es 2.430 cm<sup>3</sup>., teniendo fluctuaciones diarias hasta de 5,5 %.

En general, el aumento del volumen residual coincide con el aumento de la capacidad funcional residual y viceversa.

El aumento del volumen residual puede observarse en: a) procesos parenquimatosos pulmonares que disminuyan la elasticidad, o que produzcan desgarramiento de los tabiques alveolares y disminución del lecho vascular pulmonar, como se observa en el enfisema pulmonar crónico; b) procesos obstructivos de las vías aéreas como asma,



tumores, enfisema; c) distensión compensatoria del parénquima pulmonar remanente luego de resecciones pulmonares; d) deformidades torácicas como tórax infundibuliforme o cifoescoliótico; e) pérdida de la elasticidad pulmonar en el envejecimiento; f) algunos tipos de fibrosis pulmonar y g) congestión vascular pulmonar, como se produce en la insuficiencia cardíaca congestiva.

El volumen residual disminuye en la fibrosis pulmonar difusa o cuando numerosos alvéolos están colapsados u ocluidos.

VIII) *Capacidad funcional residual* (aire funcional residual, volumen subcorriente, capacidad de equilibrio, capacidad normal, capacidad media). Es el volumen de aire que queda en los pulmones luego de una espiración tranquila.

El valor de este índice se calcula por medio de fórmulas y su valor normal es 3,400 cm<sup>3</sup>.

IX) *Capacidad pulmonar total*. Es la suma de la capacidad vital más el volumen residual, es decir, es la cantidad máxima de aire que pueden contener los pulmones completamente distendidos.

Resulta de la suma de la capacidad vital más el volumen residual.

El valor promedio de este índice, que es 5.500 cm<sup>3</sup>, puede ser menor cuando la disminución del tejido pulmonar funcionando no se acompaña de hiperinflación compensatoria como ocurre en la congestión pulmonar y en las acumulaciones de aire o líquido, que reemplazan o comprimen al parénquima. También está disminuido en la fibrosis pulmonar difusa y en los grandes quistes aéreos que no comunican con el árbol bronquial, pero cuando estos últimos comunican con el árbol bronquial la capacidad pulmonar total puede estar aumentada. Asimismo, aumenta en el enfisema pulmonar crónico.

X) *Relación entre volumen residual y capacidad pulmonar total*. El valor normal de esta relación aumenta con la edad, desde 20 % en el joven adulto y en el adulto, hasta 30 % en la edad madura.

Esta relación tiene gran significación en el estudio de la función pulmonar, mientras que los valores absolutos, tanto del volumen residual como de la capacidad pulmonar total, no son índices fieles del estado de la misma.

El aumento de los valores de esta relación es buen índice de la presencia y grado del enfisema pulmonar.

β) *Estudio de la ventilación pulmonar.* Se ocupa del volumen de aire que entra y sale de los pulmones en relación con el tiempo.

I) *Ventilación minuto.* Este índice está dado por el producto del volumen corriente por la frecuencia respiratoria por minuto.

El valor promedio de la ventilación minuto es 3,2 L/min/M<sup>2</sup> de superficie corporal en la mujer y 3,6 L/min/M<sup>2</sup> de superficie corporal en el hombre.

La ventilación minuto en reposo, aumenta en los pacientes con fibrosis pulmonar o enfisema obstructivo, aun cuando la obstrucción parcial de las vías aéreas puede ocasionar tanto un aumento como una disminución de la ventilación minuto, pero, generalmente, ésta disminuye cuando la obstrucción es muy marcada.

II) *Capacidad respiratoria máxima.* (C.R.M.). Es la mayor cantidad de aire que puede respirar una persona por minuto, cuando se le ordena que aspire y espire aire lo más rápido y profundo que pueda. Depende de muchos factores, particularmente, edad, estatura, superficie corporal, tamaño de los pulmones, fuerza muscular disponible, resistencia al flujo aéreo y coordinación neuromuscular. El promedio en las condiciones normales es, aproximadamente, 150 L/min.

Representa, normalmente, en el hombre, 18 a 20 veces y en la mujer, 13 a 16 veces el valor de la ventilación minuto.

Es un índice de valor fundamental, pues representa lo máximo que puede hacer la persona para solucionar o compensar su déficit respiratorio.

La capacidad respiratoria máxima disminuye en las neumopatías, las alteraciones de la elasticidad pulmonar y en los procesos que perturban la velocidad del flujo aéreo en el árbol bronquial (estenosis orgánica o funcional). Constituye así el mejor índice de la presencia de una obstrucción bronquial parcial.

En la fibrosis pulmonar, en cambio, mientras no hay obstrucción bronquial o disminución de la elasticidad pulmonar, la C.R.M. no se modifica. En el asma y en el enfisema pulmonar crónico, este índice está muy disminuído por la broncoconstricción y mejora, notablemente, con la administración de drogas broncodilatadoras.

III) *Reserva ventilatoria.* Es la diferencia entre la capacidad respiratoria máxima y la ventilación minuto. Este índice disminuye

ya sea por un aumento de la ventilación minuto en reposo o por una disminución de la C.R.M.

Es común que la reserva ventilatoria se exprese en por ciento con relación a la C.R.M. o en L/min. Se considera normal cuando alcanza o sobrepasa el 90 %.

Una reserva ventilatoria de 80 a 90 % es buena; de 70 a 80 % es mediana; de 65 a 70 % es escasa; de 60 a 65 % es mala y de menos de 60 % muy mala, no existiendo, en este último caso, reserva ventilatoria. La reserva ventilatoria en individuos normales, después del ejercicio, es de 80 %.

Cuando la reserva ventilatoria es inferior al 70 % se observa, generalmente, severa disnea de esfuerzo<sup>10</sup>.

IV) *Equivalente de ventilación*. Es la cantidad de litros de aire que deben pasar por los pulmones para que se consuman 100 cm<sup>3</sup> de oxígeno. Se considera como valor normal entre 2,2 a 2,5 L. Cuanto menor es el equivalente de ventilación, mejor es la función respiratoria.

La ventilación puede aumentar proporcionalmente al aumento del metabolismo (ejercicio, hipertiroidismo) o ser este aumento sólo compensatorio y desproporcionado para las necesidades metabólicas (enfermedades pulmonares).

El equivalente de ventilación diferencia estos dos tipos, pues es normal en la hiperventilación metabólica, mientras que está aumentado en la hiperventilación compensatoria.

V) *Índice de velocidad aérea*. (I.V.A.) Resulta de dividir el porcentaje de la capacidad respiratoria máxima por el porcentaje de la capacidad vital calculada, siendo el valor normal 1. El índice es mayor que 1 en enfermos con disminución del tejido pulmonar funcional y menor que 1 en enfermos con broncoconstricción marcada. Adviértase que la interpretación de este índice debe hacerse relacionándolo con los valores absolutos de los cuales se deriva, pues una disminución proporcional de ambos factores dará también como resultado 1.

VI) *Mezcla intrapulmonar*. Se expresa en por ciento de N<sub>2</sub>, siendo el valor normal hasta 2,5 %. El aire corriente, normalmente, penetra con rapidez en los pulmones y se mezcla con el volumen residual, aereando uniformemente los alvéolos. Cuando el volumen residual es muy grande o las vías que conducen el aire son inadecuadas,

cuadas, o bien, cuando la elasticidad pulmonar de algunas zonas del parénquima es menor que la de otras, la mezcla intrapulmonar se efectuará en forma anormal. Como consecuencia, habrá retención de nitrógeno en los pulmones.

La hiperventilación efectiva puede normalizar este índice, aun en presencia de un volumen residual anormalmente grande.

En el enfisema pulmonar crónico grave y en otros tipos de **sobreinflación**, así como también, en el asma bronquial, bronquiectasias e insuficiencia cardíaca congestiva, puede tener este índice valores anormalmente elevados.

No hay correlación estricta entre la elevación de este índice e hipoxia arterial, porque se ha comprobado que existen mecanismos fisiológicos que alejan el flujo sanguíneo arterial pulmonar de las zonas del pulmón no aereadas, llevándolo a zonas mejor aereadas, lográndose así mantener una oxigenación arterial adecuada, pese a la existencia de segmentos broncopulmonares deficientemente ventilados <sup>13</sup>.

VII) *Medida instantánea del flujo aéreo*. El perfeccionamiento del neumotacógrafo permitió registrar, instantáneamente, el grado de flujo aéreo durante la inspiración y espiración. Con este aparato se han podido estudiar, en condiciones normales y patológicas, los efectos del aumento de la resistencia espiratoria sobre la velocidad del flujo aéreo. Las comprobaciones coinciden con los hallazgos experimentales y son: a) que la curva inspiratoria es más amplia, pero disminuye, en relación con el tiempo total del ciclo respiratorio y b) la curva espiratoria disminuye de amplitud, tardando más tiempo en alcanzar la velocidad máxima de flujo aéreo.

La disminución de la elasticidad pulmonar o la resistencia bronquial, como se observa en el asma bronquial, originan neumotacogramas casi rectangulares, con considerable disminución de las ondas y rápido retorno a cero.

VIII) *Consumo de oxígeno*. Es la medida de la cantidad de oxígeno consumida en la unidad de tiempo. Se obtiene haciendo respirar al individuo en un circuito cerrado, empleándose el aparato de Benedict Roth y, según se utilice aire u oxígeno, se obtendrán dos índices distintos: el consumo de oxígeno respirando aire y el consumo de oxígeno respirando oxígeno.

En condiciones normales, ambos valores deben ser iguales, pues en el aire hay suficiente tensión parcial de oxígeno como para saturar



al máximo la hemoglobina (95 %), no pudiéndose absorber más aunque se respire oxígeno puro.

En los enfermos pulmonares, el consumo de oxígeno respirando oxígeno es mayor que el consumo de oxígeno respirando aire, porque hay zonas más o menos extensas de parénquima pulmonar anuladas para la hematosis, en las que no se absorbe oxígeno. Al respirar un gas que lo contenga, hay mayor absorción de oxígeno como mecanismo compensatorio destinado a saturar la hemoglobina.

Se trata de un índice que depende de muchos factores: edad, talla, enfermedades metabólicas, etc. Es por lo tanto un error dar una cifra promedio, pero tiene gran valor la comparación de los dos índices, pues si el consumo de oxígeno, respirando oxígeno, es 50 cm<sup>3</sup>. mayor que el consumo de oxígeno respirando aire, ya debe considerarse que existe déficit en el consumo de oxígeno.

*Prueba de la apnea inspiratoria.* No queremos terminar esta enumeración de pruebas de la función respiratoria, sin hacer una breve referencia a la prueba de la apnea inspiratoria voluntaria, de fácil realización y cuyo valor práctico se debe tener siempre en cuenta.

La duración de la apnea voluntaria varía con diversos factores individuales como ser edad, altura, peso y adiestramiento. Puede considerarse que 60 segundos es el valor normal promedio de la apnea inspiratoria voluntaria.

b) *BRONCOESPIROMETRIA.* Hasta ahora nos hemos referido al estudio de la función pulmonar global, pero, a veces, es conveniente conocer el rendimiento funcional de cada pulmón por separado. Esto se obtiene por medio de la broncoespirometría, que consiste en el estudio de los volúmenes pulmonares, la ventilación y el intercambio gaseoso por separado, pero simultáneamente.

Este método permite apreciar los riesgos de las resecciones pulmonares, especialmente de la neumonectomía, pues se puede conocer previamente el valor funcional del pulmón remanente.

En condiciones normales, el pulmón derecho contribuye con el 55 al 60 % de la función pulmonar total.

El consumo de oxígeno de cada pulmón por separado, es un índice que permite apreciar la circulación relativa de cada pulmón y, si se efectúa simultáneamente el cateterismo cardíaco, esta valoración será aún más exacta.

Hay algunas contraindicaciones de la broncoespirometría, como ser: tuberculosis traqueobronquial, hemoptisis reciente, tuberculosis en sus últimos períodos, obstrucción del bronquio principal izquierdo, etc.

2. *ESTUDIO DE LA SANGRE ARTERIAL.* El estudio de la sangre arterial desde un punto de vista gasométrico y químico permite valorar el aprovechamiento de los gases que entran y salen de los pulmones. La ventilación pulmonar permite asegurar un adecuado intercambio gaseoso de oxígeno y anhídrido carbónico entre el aire atmosférico y la sangre y, en consecuencia, cuando aquélla está alterada, puede influir directamente sobre la circulación y el contenido de esos gases en la sangre arterial. Así, pues, el estudio de la sangre arterial es hoy una parte importante del estudio de la función pulmonar.

Los valores normales oscilan alrededor de los siguientes<sup>14</sup>: la saturación del O<sub>2</sub> (%) 97,4; la pO<sub>2</sub> (mm. Hg.) 97,1; el contenido de CO<sub>2</sub> en vol. % 49,5; la pCO<sub>2</sub> en mm de Hg. 41,6; el pH 7,39 y la base buffer (mEq/L) 45 a 55. Cada uno de los valores precitados tiene una pequeña desviación standard.

En los procesos cardiopulmonares se altera precozmente el grado de saturación de oxígeno, pues este gas es menos difusible que el anhídrido carbónico, siendo su absorción más difícil que la eliminación del anhídrido carbónico. La hipoxia aparece, al principio, solamente, durante el esfuerzo, pero en los grados más avanzados de la enfermedad, también en reposo. En la hipoxia grave, a la insaturación de oxígeno se agrega la retención de anhídrido carbónico, alterándose finalmente los mecanismos reguladores del pH, que conducen al enfermo a la acidosis.

3. *CATETERISMO CARDIACO.* Permite el conocimiento de los trastornos cardíacos y arteriolares pulmonares causados por perturbaciones en la ventilación, como así, también, los trastornos del intercambio gaseoso originados por modificaciones de la circulación pulmonar.

Con este procedimiento se determinan las presiones y las características de las curvas de presión de la sangre en las cavidades cardíacas derechas, en la arteria pulmonar y en los "capilares pulmonares" así como el volumen minuto y la resistencia arteriolar pulmonar, cuyos valores normales son los siguientes: volumen minu-

to (L/min) 5 a 6; índice cardíaco (L/min/M<sup>2</sup>) 3,6 a 4,5; volumen sistólico (cm<sup>3</sup>) 70 a 80; presión en la arteria pulmonar (mm de Hg.) sistólica 25, diastólica 9, media 15; presión pulmonar "capilar" (mm de Hg.) 9 y resistencia pulmonar (dinas/seg/cm<sup>-5</sup>) 250.

El cateterismo cardíaco permite apreciar las modificaciones de estos valores en condiciones patológicas, en el reposo y con el ejercicio y el efecto que sobre los mismos tienen los diversos recursos terapéuticos.

**B. CORRELACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE LA FUNCIÓN PULMONAR.** — En la función pulmonar se pueden considerar tres aspectos fundamentales: a) ventilación; b) perfusión y c) difusión.

La difusión relaciona la ventilación con la perfusión. La difusión normal necesita el máximo contacto entre el aire alveolar y la sangre capilar, esto es, buena ventilación de un lado de la membrana alveolar y buena perfusión del otro. Si este mecanismo se altera en alguna de sus tres etapas, se producirán anormalidades en el contenido de gases de la sangre (insuficiencia alvéolo-respiratoria).

Dentro de los trastornos de la ventilación y de la perfusión hay casos en los cuales aumenta la ventilación del espacio muerto pero disminuye la ventilación alveolar efectiva, como se observa en el enfisema pulmonar crónico grave, en el cual la perfusión también está disminuída. La ventilación del espacio muerto no debe ser superior al 30 % de la ventilación pulmonar efectiva.

En las enfermedades pulmonares en que hay segmentos pulmonares con ventilación poco efectiva, pero con perfusión sanguínea normal, la sangre sale de esos capilares pulmonares poco oxigenada con lo que aumentará la mezcla venosa producida por la pequeña cantidad de sangre que desde las venas bronquiales, de Thebesio y otras, entra directamente en la circulación arterial periférica constituyendo un shunt normal de derecha a izquierda, cuyo valor es hasta el 6 % del volumen minuto.

Dentro de los trastornos de la difusión se incluye el síndrome de "bloqueo alvéolo-capilar" que comprende la perturbación de los mecanismos a través de los cuales se efectúa el pasaje fisiológico del oxígeno desde la membrana alveolar hasta la hemoglobina del hematíe que circula por el capilar pulmonar. En estos casos, se altera el gradiente de presión de oxígeno entre el alvéolo y el lecho vascular arterial (gradiente "A-A"), que es, normalmente, 9 mm de Hg. en reposo y 16 mm de Hg. después del esfuerzo. El gradiente

“A-A” puede, también, aumentar como consecuencia de una relación ventilación-perfusión anormal.

### III. APLICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE LA FUNCIÓN CARDIOPULMONAR EN LA CLÍNICA DE LAS ENFERMEDADES CARDÍACAS Y PULMONARES.

Los aparatos circulatorio y respiratorio constituyen parte esencial del sistema de aporte de oxígeno a los tejidos. Su estudio es esencial en el examen preoperatorio de los enfermos pulmonares y cardíacos para establecer las indicaciones quirúrgicas adecuadas y hacer las correspondientes predicciones operatorias.

La respirometría, el cateterismo cardíaco y el estudio de los gases en sangre, han permitido obtener deducciones importantes, que según algunos autores<sup>12</sup> se pueden agrupar de la siguiente manera:

1) Capacidad respiratoria máxima grande y consumo grande de oxígeno, tanto al respirar aire como oxígeno, indican buena suficiencia cardíaca y respiratoria.

2) Capacidad respiratoria máxima pequeña, con consumo pequeño de oxígeno respirando aire y consumo grande de oxígeno, respirando oxígeno, revelan insuficiencia respiratoria. Esto mismo puede diagnosticarse si el equivalente de ventilación es normal y hay déficit de oxígeno en la sangre.

La insuficiencia respiratoria está “compensada” cuando, en reposo, el consumo de oxígeno respirando aire es igual al consumo de oxígeno respirando oxígeno, pero, durante el esfuerzo, la ventilación minuto respirando aire es mayor que la ventilación minuto respirando oxígeno.

3) Capacidad respiratoria máxima pequeña y consumo pequeño de oxígeno respirando tanto aire como oxígeno, indican insuficiencia cardiorrespiratoria. También existe insuficiencia cardiorrespiratoria si hay déficit de oxígeno en la sangre arterial y, además el equivalente de ventilación está aumentado.

4) Capacidad respiratoria máxima grande y consumo pequeño de oxígeno, tanto respirando aire como oxígeno, indican insuficiencia cardíaca sin insuficiencia respiratoria.

5) Capacidad respiratoria grande, consumo pequeño de oxígeno respirando aire y consumo grande de oxígeno respirando oxígeno, señalan trastorno respiratorio por neumonosis.

Martínez González<sup>12</sup> estudió las pruebas del funcionalismo car-



diopulmonar en grupos de enfermos cardíacos y pulmonares, concluyendo que:

a) La capacidad vital se reduce mucho en ambos grupos a expensas, principalmente, de la reserva inspiratoria, pero, la reducción es más marcada en la insuficiencia ventricular en la que interviene también, en proporción apreciable, la reducción del volumen de reserva espiratoria.

b) El volumen minuto respiratorio aumenta en los dos grupos, pero en forma más marcada en los enfermos con insuficiencia ventricular, en los que la respiración con oxígeno no normaliza este volumen, mientras que se reduce en la valvulopatía mitral.

c) El aumento del volumen minuto respiratorio y la disminución acentuada de la capacidad respiratoria máxima, que se obtiene en ambos grupos, explican la acentuada disminución de la reserva ventilatoria que hay en la estrechez mitral e insuficiencia ventricular izquierda.

d) La insaturación arterial de oxígeno es más frecuente y más acentuada en el grupo de enfermos con insuficiencia ventricular izquierda que en la cardiopatía mitral, pero no es constante en ninguno de ambos grupos.

e) El equivalente de ventilación es más elevado (más patológico) en el grupo de enfermos con insuficiencia ventricular izquierda, siendo en algunos casos, muy elevado.

En ciertas cardiopatías como la comunicación interauricular, la persistencia del canal arterial y el complejo de Eisenmeger, se puede observar un comportamiento normal después del esfuerzo, es decir, que éste produce aumento del consumo de oxígeno, mientras que en otras, como la tetralogía de Fallot, la atresia tricuspídea y la estenosis pulmonar y mitral, el consumo de oxígeno disminuye después del esfuerzo.

#### BIBLIOGRAFIA

1. *Segal M. S. y Dulfano M. J.* — Chronic emphysema pulmonary, ed. Grune & Stratton, New York, 1953.
2. *Herschfus, J. A., Bresnick, E. y Segal, M. S.* — Pulmonary function studies in bronchial asthma. I: In the control state. II. After treatment. "Am. J. Med.", 23, 14, 1953.
3. *Pappenheimer, A. M., Jr., Chairman.* — Standardization of definitions and symbols in respiratory physiology. "Fed. Proc.", 602, 9, 1950.

## PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO PULMONAR

4. Greifenstein, F. E., King, R. M., Latch, S. S. and Comroe, J. H., Jr. — Pulmonary function studies in healthy men and women 50 years and older. "J. Applied Physiol.", 641, 4, 1952.
5. Baldwin, E. De F., Cournand, A. and Richards, D. W., Jr. — Pulmonary Insufficiency. I. Physiological Classification. Clinical Methods of Analysis, Standard Values in Normal Subjects. "Medicine", 243, 27, 1948.
6. West, H. F. — Clinical Studies in Respiration: VI. Comparison of Various Standards for Normal Vital Capacity of the Lungs. "Arch. Int. Med.", 306, 25, 1920.
7. Gross, D. — Investigations Concerning Vital Capacity. "Am. Heart J.", 335, 25, 1943.
8. Gaensler, E. A. — Analysis of the Ventilatory Defect by Timed Capacity Measurements. "Am. Rev. Tuberc.", 256, 64, 1951.
9. Wright, Samson. — Fisiología Aplicada. Ed. Manuel Marín, Barcelona, 1953.
10. Proctor, D. F., Hardy, J. B. and McLean, R. — Studies of Respiratory Air Flow. II. Observations on Patients with Pulmonary Disease. "Bull. Johns Hopkins Hosp.", 22, 87, 1950.
11. Verna, J. F. — Examen funcional del aparato respiratorio. "III Congreso Internacional de Enfermedades del Tórax". Barcelona, 1954.
12. Martínez González, M. — Respirometría Preoperatoria. "III Congreso Internacional de Enfermedades del Tórax". Barcelona, 1954.
- 13a. Cournand, A. Baldwin, J. S. and Himmelstein, A. — Cardiac Catheterization in Congenital Heart Disease: A Clinical and Physiological Study in Infants and Children. N. Y., Commonwealth Fund., 1949.
- 13b. Rimini, R., Rodríguez, A., Sapriza, J. P. y Surraco, G. H. — Estudio neumográfico de diversos procesos patológicos del pulmón. "Hoja Fisiológica", 378, 10, 1950.
14. Singer, R. and Hastings, A. B. — Interpretation of Commonly Used Pulmonary Function Tests. "Am. J. Med.", 356, 10, 1951.