

Hospital de la Santa Cruz y San Pablo. Barcelona  
Servicio de Asmatología: Dr. R. Frouchtman

## EXPLORACION FUNCIONAL RESPIROGRAFICA

Dr. A. CISCAR RIUS

### CONCEPTO

EL concepto de exploración funcional se sitúa como el polo opuesto al anatómico patológico. Nos interesa conocer en estas investigaciones las lesiones anatómicas que tenga el enfermo, sino las alteraciones de una función determinada; por ejemplo, si explorásemos la capacidad deambulatoria de un sujeto nos interesaría conocer datos como la velocidad en kilómetros por hora que es capaz de conseguir, el tiempo que puede andar sin descanso, los obstáculos, vallas, escaleras, etc., que puede vencer, con plena independencia de si tiene un pie amputado, una parálisis nerviosa o una mera falta de entrenamiento.

En Medicina no existen verdaderas fronteras conceptuales; las clasificaciones, con sus clásicas llaves de divisiones y subdivisiones, son más de valor pedagógico o de orden expositivo que verdaderas variantes de realidades concretas. Por ello, también es difícil establecer los límites del concepto de exploración funcional y enumerar siquiera la múltiple diversidad que

la constituye, considerando que, además, muchas de las exploraciones clínicas, análisis, exploraciones auxiliares, metabolismo, electrocardiograma, etc., son en realidad datos funcionales.

### SU NECESIDAD EN CLINICA

Su principal motivo es la disparidad de los síndromes clínicos, variados en sufrimientos e intensidad de los mismos, que es capaz de dar lugar una misma lesión anatómica sufrida por distintos pacientes. Las variaciones en la capacidad de compensación del mismo órgano afectado o de los funcionalmente inmediatos y aún de otros más distales, procesos concomitantes, constitución, peso, alimentación, trabajo, ambiente y factores psicosomáticos hacen que dentro unos límites a veces muy amplios, cada enfermo, con una misma lesión anatómica, haga su enfermedad propia.

El estudio funcional de cada enfermo es la base de la moderna *medicina individual*, en la que la misión del médico es situarse como abogado defensor de su pacien-

te frente a su conflicto con la naturaleza; se transfieren, por contrato moral al aceptar la confianza en él depositada, las preocupaciones y conflictos que la enfermedad crea a «su enfermo». Los conocimientos médicos en abstracto hay que utilizarlos en su ayuda, hay que moldearlos a su medida, poner la medicina a su servicio es la posición tan ejemplarmente adoptada por SIEBECK en su tratado *Diagnóstico individual y tratamiento de los cardiópatas*, en que nos enseña cómo debemos tratar a los cardiópatas, no a las cardiopatías, buscando sus circunstancias personales que guiarán la medicación la orientación profesional, los consejos sociales, la dieta, es decir, la total «vivencia» del paciente que, como es lógico, precisa la total convivencia de médico y enfermo.

Tiene especial aplicación en la *valorización de la sintomatología subjetiva*. Téngase en cuenta que el paciente acude al médico muchas veces bajo una carga depresiva en que sobrevaloriza sus molestias, influenciado por un síntoma alarmante, esputo hemoptoico, por ejemplo, o por la muerte repentina de un allegado o de un personaje público, y, en su historia, todo lleva un signo más, disnea, dolores, tos, etc. Puede haber parte real y parte abultada; la exploración funcional, capacidad vital, pruebas de esfuerzo, etc., nos pondrán lo que sea real.

Inversamente, enfermos crónicamente muy limitados en su capaci-

dad de función respiratoria, enfisematosos cuyos pausados pasos son su norma, nos dirán estar perfectamente bien y haber hecho largos paseos sin cansarse; las pruebas funcionales nos evidencian su reducción ventilatoria. Se han acomodado a sus posibilidades y para ellos es normal y están bien y contentos con datos verdaderamente reducidísimos, cuyo conocimiento nos es del todo necesario para su cuidado.

Los que efectúan estas pruebas con frecuencia cuentan con bastantes sorpresas por resultados inesperados.

Son imprescindibles en algunas *indicaciones sociales* en que por sus especiales circunstancias no siempre se cuenta con la posibilidad de aceptar los datos subjetivos del sujeto explorado, o cuando menos estamos obligados a ponerlos en duda por interferirse intereses que desvirtúan la relación normal entre médico y paciente, como al dictaminar incapacidades para el trabajo, en reconocimientos para seguros de vida, para la práctica de ciertos deportes peligrosos (inmersión submarina, alpinismo, etc.) o para reclutas militares, en especial para determinados cuerpos: aviación, marina, etcétera.

Cobra también especial interés como *guía de terapéutica* y conocimiento de la *evolución clínica* de cada enfermo, al repetir las exploraciones y poder comparar las cifras absolutas, los índices y por-

centajes a través del curso evolutivo de un proceso, en especial los crónicos, constituyen elementos de juicio que nos ayudarán a afianzar el criterio clínico formado en las exploraciones habituales y semiológia.

En especial en pacientes con pocas molestias, que por tener una lesión valvular o defecto congénito cardíaco bien tolerado les practicamos visitas anuales o a largos plazos, estas pruebas funcionales sólo son capaces de evidenciar pequeñas insuficiencias subclínicas, formas inháspitas y, en el caso de su repetida normalidad, nos autoriza a permitir mayor actividad, matrimonios, gestaciones, etcétera.

Es indudable que por muy justificados que parezcan los epígrafes anteriores, para lograr el arraigo de estas pruebas funcionales en la clínica habitual, por sí solas no lo habrían conseguido.

Ha sido la *cirugía cardio-respiratoria* la que ha provocado su actual difusión y el sentir unánime de su carácter imprescindible.

Por una parte, permite dictaminar sobre el riesgo operatorio en buen número de casos y llamar la atención al cirujano, anestesista o equipo de reanimación sobre determinados peligros indicando técnicas y medicaciones especiales.

En segundo lugar, y en especial en cardiopatas, nos ayudan a seleccionar los pacientes operables de los no operables, por no preci-

sarlo o por contraindicaciones absolutas.

En tercer lugar, completan y son parte de las exploraciones hemodinámicas imprescindibles para el diagnóstico de algunas cardiopatías congénitas, los cálculos de los shunts arteriovenosos, venoarteriales o mixtos, la fórmula de Fick de los débitos circulatorios y para determinar, por las fórmulas de Gorlin y Gorlin, el diámetro de las estenosis valvulares cardíacas.

Y, finalmente, a estas pruebas remitimos, con sus datos concretos a justificar los beneficios que se logren con esta cirugía, cuyas indicaciones van aumentando gracias a las nuevas técnicas operatorias, en especial las llamadas a cielo abierto, conseguidas con la hibernación o los corazones y pulmones mecánicos.

Gracias, pues, a esta necesidad imperativa de la cirugía cardíaca y pulmonar toda la clínica médica se enriquece con la difusión de estas pruebas funcionales.

#### METODICA

Dentro de esta diversidad de exploraciones funcionales posibles, hoy nos limitaremos a exponerles nuestra labor en el *Servicio de Asmatología* de este Hospital, que dirige el Dr. FROUCHTMAN en su gabinete de exploración cardio-respiratoria, y en cuanto se refiere a pruebas respirográficas.

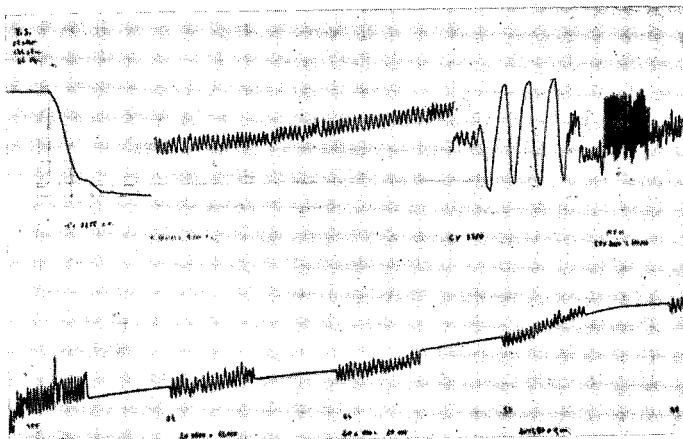
Utilizamos un respirografo, construido bajo nuestra dirección,

de una sola campana, de 16 litros de capacidad, con circulación cerrada mantenida por una bomba. La absorción de CO<sub>2</sub> se efectúa por burbujeo del aire en KOH. El paciente se conecta derivado en T de la circulación de aire mantenida por la bomba y mediante una llave de dos posiciones respira en el respirógrafo o se le excluye respirando aire de la habitación sin necesidad de quitarse el dispositivo bucal. La inscripción se hace

Se determina la superficie corpórea mediante un ábaco de Dubois en función del peso y talla.

Se determinan sus valores teóricos normales, capacidad vital CV teórica que le corresponde por sexo, edad y talla, lo que hemos facilitado mediante la construcción de unos ábacos.

En forma similar determinamos el máximo volumen minuto MVM teórico en función de la superficie corpórea, sexo y edad.



Gráficas del respirógrafo. — En la parte superior: 1.º capacidad vital utilizable al esfuerzo (Tiffenau); 2.º volumen minuto; 3.º capacidad vital; 4.º máximo volumen minuto. En la parte inferior recuperación al esfuerzo.

sobre papel continuo correspondiendo 1 litro a 2 cm. de altura, el papel se traciona a 1 mm. por segundo y a 30 mm. por segundo mediante un cambio de marchas.

Al iniciar la exploración se toman del paciente los siguientes datos: nombre, número ficha, edad, peso, talla, estado actual y diagnóstico.

Determinados estos datos se inicia la prueba en reposo. El enfermo, sentado durante un tiempo, respira con la boquilla puesta y la nariz pinzada, pero con la llave abierta al exterior, es decir, sin respirar del respirógrafo, sino del ambiente, a fin de que se acomode y habitúe a respirar con la boquilla puesta. Cuando el paciente res-

pira tranquilo en forma regular y se le ve en posición cómoda, se inicián los registros.

*Volumen minuto MV. - Aire corriente. Consumo de O<sub>2</sub>. Equivalente respiratorio (Anthony). Coeficiente de utilización de oxígeno.*

Se inicia el registro moviendo la llave adjunta al dispositivo bucal tomándose un trazado de unos cinco minutos. Esta gráfica nos da el número de respiraciones por minuto (frecuencia respiratoria) y el volumen del aire corriente; multiplicando ambos valores obtenemos el volumen minuto VM. La pendiente del trazado equivale al consumo de O<sub>2</sub>. De particular interés es el estudio de la relación entre el MV y el O<sub>2</sub> consumido. Relación bien definida en los sujetos normales viene expresándose de dos modos: el equivalente respiratorio (ANTHONY), o sea el número de litros de aire o gas respirado para un consumo de 100 c. c. de O<sub>2</sub> y el coeficiente de utilización del O<sub>2</sub> (HERBS), o sea el número de centímetros cúbicos de O<sub>2</sub> consumido por litro ventilado. Estos coeficientes, cuyo valor normal es para nosotros (FROUCHTMAN, CISCAR) de 44-45, para BALDWIN 38-46 y COMROE 40-45, responde a la integridad de la función alvéolo-respiratoria y se altera al disminuir o empeorar la ventilación, así como la difusión alvéolo-sanguínea.

*La capacidad vital y sus fracciones.* — Es la máxima cantidad

de aire que un sujeto espira después de una inspiración profunda, se registra en la gráfica, haciendo inspirar y espirar profundamente, al máximo de sus posibilidades, durante dos o tres veces. La capacidad vital queda dividida en tres fracciones: aire complementario, 52 %; aire corriente, 15 %, y aire de reserva, 33 %, con variaciones de un 10 %.

El valor hallado lo comparamos con el valor teórico que le corresponde a cada enfermo y que determinamos en el ábaco que hicimos según la fórmula de Baldwin, Cournand y Richards, y con estos valores calculamos el porcentaje de desviación de la normalidad.

Múltiples causas son capaces de alterar los valores de la C. V., alteraciones de centros y nervios respiratorios, deformidades torácicas, calcificación de los cartílagos costales, afecciones abdominales y del diafragma, pleuresías, alteraciones del parénquima pulmonar de cualquier naturaleza, ingurgitación del círculo menor, insuficiencia cardíaca con estasis pulmonar, etc.

En cualquiera de estos casos, es evidente el mayor interés que ofrecerá el estudio de las variaciones experimentadas por la C. V. en relación con las distintas situaciones del sujeto o como consecuencia de la evolución de la enfermedad o de la acción terapéutica.

*El máximo volumen minuto (M. V. M.).* — Esta prueba revela la mayor cantidad de gas que un

sujeto puede respirar voluntariamente en la unidad de tiempo, así como el esfuerzo respiratorio de que es capaz. Se hace respirar al sujeto, puesto en pie, lo más rápida y profundamente posible durante 20 segundos; un mayor tiempo de registro no suele ser bien tolerado, sobre todo por los enfermos.

En la realización de esta prueba es necesaria la máxima colaboración del individuo a examinar; la frecuencia mejor tolerada es de 40 respiraciones por minuto, que puede ritmarse mediante un metrónomo.

Esta prueba constituye un dato muy importante, ya que cifras disminuidas coinciden frecuentemente con la presencia de disnea. La disminución de los valores del M. V. M. pueden producirse a consecuencia de los factores que determinan la insuficiencia ventilatoria en sus tipos restrictivos (alteraciones del esqueleto torácico, musculares, pulmonares, pleurales, circulatoria, etc.) y obstructivos, es decir, que depende de las dificultades que experimenta el aire en su paso por las vías aéreas (cuerpos extraños, tumores, broncoestenosis inflamatoria, espasmódica, etc.).

Lo mismo que en la capacidad vital las cifras halladas se comparan con los valores teóricos que corresponden a cada individuo, lo que efectuamos mediante los ábacos citados que determinamos de las fórmulas de Baldwin.

Relacionando los valores del volumen minuto V. M. y del máximo volumen minuto M. V. M., se determina la *reserva respiratoria* que representa la fracción del M. V. M. no utilizado en reposo y que se expresa en tanto por ciento de M. V. M. con la siguiente fórmula:

$$R. R. = \frac{M. V. M. - V. M.}{M. V. M.} \cdot 100$$

En nuestras determinaciones en sujetos normales encontramos cifras que varían entre el 89 y 96 por 100.

Estas cifras guardan relación con la sensación subjetiva de disnea, de tal modo que por debajo de estos valores puede aparecer la disnea, especialmente después de un ejercicio. Según LUKAS, la sensación subjetiva de dificultad respiratoria se presenta cuando la R. R. cae a 70 %.

También tiene gran interés la relación del M. V. M. y la capacidad vital C. V. que constituye el llamado coeficiente de capacidades C. C. Según MATHENSON y cols., cada litro de la C. V. puede asegurar una ventilación máxima, es decir, un M. V. M. de 32,8 litros por minuto. El interés de este cociente estriba en que cuando el M. V. M. disminuye y este cociente no varía, la disminución del M. V. M. depende, naturalmente, de un descenso de la C. V. En cambio, si la disminución de la M. V. M. se acompaña de una caída del cociente (C. V. normal o proporcionalmente

menos disminuido), esta reducción se produce a consecuencia de un aumento de la resistencia pulmonar o de una disminución de la presión inspiratoria.

*La máxima capacidad inspiratoria (M. C. E.).* — También llamada capacidad pulmonar, utilizable al esfuerzo por TIFFENEAU (para algunos prueba de Tiffeneau), se efectúa como la prueba anterior, estando el sujeto en pie y a una velocidad de registro rápida de 30 mm. por segundo. Después de una profunda y completa inspiración el individuo realiza una rápida y fuerte espiración que procura mantener hasta la expulsión de todo el aire de reserva.

La inclinación de salida del trazado suele tener un ángulo de unos 120°; aproximadamente a las tres décimas de segundo, la línea se acerca más a la vertical por un aumento de velocidad de expulsión, disminuyendo el ángulo a unos 105-110°, rápido descenso que se mantienen hasta las 6-8 décimas de segundo; entonces se aprecia una menor inclinación del trazo que produce el comienzo de la disminución de la fuerza respiratoria que irá en aumento hasta el final.

Es importante calcular la fracción de la capacidad vital expulsada durante el primer segundo. En nuestras comprobaciones en sanos, hemos podido constatar cómo la cantidad de aire expulsada durante el primer segundo suele dar una cifra mayor al 80 % de la C. V. correspondiente y comprobamos el

valor de esta prueba, ya que cualquier factor de resistencia ofrecido por los pulmones, el tórax, calibre de los conductos bronquiales, etcétera, produce una disminución de la cifra del volumen expulsado en el primer segundo, así como una manifiesta alteración en el trazado que se hace menos inclinado, es decir, de pendiente más suave.

El porcentaje de la M. C. E. frente a la C. V. constituye el *Coeficiente de utilización de la capacidad vital (C. U. C. V.)* y se determina según la fórmula:

$$C. U. C. V. = \frac{M. C. E.}{C. V.} \cdot 100$$

Como señalamos anteriormente, nuestras comprobaciones dan una cifra generalmente mayor al 80 % de la C. V. Sin embargo, consideramos como cifra mínima de normalidad hasta un 74 %, sobre todo a partir de los 40 años, edad en que disminuye sensiblemente. La importancia de este cociente ha sido ampliamente estudiada por otros observadores, especialmente los de la escuela francesa (TIFFENEAU, PINELLI, HANAUT, etc.), si bien depende del valor de la C. V. en un cierto número de insuficientes ventilatorios su disminución es más acentuada a causa de la alteración de diversos factores del débito respiratorio, especialmente de la elasticidad pulmonar y la permeabilidad bronquial.

Esta prueba la solemos efectuar al iniciar el conjunto respirográfi-

co, como se ve en los trazados, por no fatigar al paciente y porque probablemente sus valores variarían si la efectuáramos después de la determinación del M. V. M., que suele cansarlos.

*Prueba de recuperación al esfuerzo.* — No disponiendo de un respirógrafo de gran capacidad para el consumo de oxígeno y absorción del CO<sub>2</sub>, es difícil hacer pruebas de esfuerzo y nosotros con los respirógrafos corrientes efectuamos la siguiente técnica.

Después de un descanso de las pruebas en reposo o en otra sesión, sometemos al paciente a la prueba de los dos escalones, de MASTER, con algunas modificaciones. Se ha construido una escalera de dos peldaños de 22 cm de altura, con barandas para sujetarse con las manos, y el paciente efectúa su ascenso y descenso mediante seis pisadas durante tres minutos, pues encontramos insuficientes para estas pruebas respiratorias los 90 segundos propuestos por MASTER en la prueba electrocardiográfica para determinar la suficiencia coronaria. Tenemos unas tablas en que siguiendo las proporciones del esfuerzo propuestas por MASTER, según la edad, peso y sexo nos da la frecuencia, por pisadas, que corresponde a cada paciente; entonces, mediante un metrónomo de los modelos corrientes para música, damos las señales a la frecuencia requerida.

Una vez efectuado el esfuerzo,

sentamos al paciente y se le hace respirar en el respirógrafo. Hemos considerado útil mantener el tipo de trazado discontinuo con intermitencias de un minuto mediante la apertura de la llave de paso del dispositivo bucal. Con ello se evitan eventuales acumulaciones de CO<sub>2</sub> en el circuito.

En un respirógrama registrado después de este esfuerzo, se distinguen dos fases de la recuperación:

1.<sup>a</sup> Del número de respiraciones que vuelve a la cifra en reposo. En normales se produce entre el primer y tercer minuto; la frecuencia puede ser incluso menor, pero sigue con aumento del aire corriente y del volumen minuto.

2.<sup>a</sup> O de recuperación total. El volumen minuto ha recobrado un valor igual a antes del ejercicio; la frecuencia respiratoria puede ser algo menor y el aire corriente ligeramente elevado. Esta recuperación se produce entre los siete y nueve minutos.

También estudiamos la reserva respiratoria después del ejercicio, determinando su valor en cada uno de los minutos post ejercicio que se registran hasta obtener las cifras de reposo. Su importancia estriba en la posibilidad de hallar cifras normales en reposo en sujetos con una alterada ventilación pulmonar; sólo después de un ejercicio es posible poner de manifiesto

la disminución de este coeficiente ventilatorio.

En los normales se aprecia un ligero descenso de este valor durante el primer minuto de recuperación, disminución que no suele alcanzar un 10 % de la cifra en reposo, pero desde el tercer minuto este coeficiente recobra su valor normal próximo a la cifra inicial.

Esta prueba no necesita la colaboración intencionada del enfermo, hecho importante, como señala RUYSEN, cuando se trataba de sujetos impresionables o simuladores en su aplicación pericial.

Al mismo tiempo se ha registrado la frecuencia del pulso antes del esfuerzo y cada minuto después del mismo. Con ello determinamos su tiempo de recuperación y el grado de taquicardia provocado.

A pesar de que la prueba no permite enjuiciar la capacidad funcional cardíaca de modo absoluto, ya que otros factores pueden influir sobre el número de pulsaciones, la recuperación del pulso después de un ejercicio constituye todavía un método exploratorio bastante útil en la estimación del grado de insuficiencia cardíaca.

En los adultos normales, el esfuerzo realizado, con la técnica que hemos empleado siguiendo las proporciones de Master, suele producir una aceleración de 30 a 50 latidos por minuto, para volver a su normalidad a los tres minutos.

En enfermos mitrales encontramos aumentos de 70 pulsaciones y

prolongaciones del tiempo de recuperación hasta los 15 minutos, muchos de 9 a 11 minutos, guardando paralelismo con su estado de compensación y molestias clínicas.

### PRUEBAS FARMACOLOGICAS

En ocasiones es útil ver las variaciones de los valores y curvas respirográficas después de la inhalación de adrenalina o sucedáneos que mejora la obstrucción bronquial o tras la inyección intravenosa de eufilina. La mejoría de sus trazados nos orienta sobre la reversibilidad u organicidad de sus trastornos.

Para conocer el factor de estasis vascular en algunos enfermos los sometemos durante unos días a cura tónico cardíaca intensa y diurética y obtenemos nuevos trazados.

Estas pruebas farmacológicas tienen un gran valor clínico, como orientación diagnóstica y terapéutica.

\* \* \*

Todos los datos recogidos, valores absolutos, índices de desviación de la normalidad y coeficientes diversos pueden constituir los elementos para dar un dictamen con los resultados obtenidos en cada paciente. Ello constituye para muchos médicos una molestia de interpretación y dado la disparidad de nomenclaturas y abreviaciones que se usan en los distintos cen-

tros tiende a crear confusiónismo. Por ello, propugnamos entregar junto al dictamen la gráfica obtenida, pues es de fácil interpretación y su simple visión es suficiente en la mayoría de los casos para hacerse rápidamente cargo del estado del paciente con mucho menos esfuerzo que la interpretación de cifras e índices cuya valorización requiere mayor detenimiento.

Finalmente, quiero hacer resaltar que esta exploración respirográfica, además de tener las indicaciones que relacionamos al hablar de las exploraciones funcionales en general y, sobre todo, alrededor del drama operatorio, tiene un particular interés en los enfermos cardiopulmonares crónicos, bronquíticos, enfisematosos, disneicos, algunos más cardíacos que pulmonares y en los realmente pulmocardíacos, es decir, en los car-

díacos con pulmón de estasis organizado, como ciertos mitrales crónicos con esclerosis vasculopulmonar secundaria. Estos enfermos, raramente puros, afectados en la encrucijada pulmovenasculares, en la que se imbrican obstrucción bronquial (semiología asmática o asmatiforme), esclerosis e induración pulmonar parenquimatosa, esclerosis broncoalveolar, esclerosis vascular, ingurgitación y estasis, hipertensión pulmonar, pérdida de elasticidad, reducción de movilidad torácica, enfisema obstructivo o involutivo, etc. En estos enfermos no solamente ayuda a su diagnóstico, sino que permite en los casos en que intervienen varios factores fisiopatológicos justificar el cuantum en que cada uno de ellos es responsable del cuadro clínico, única forma de orientar una terapéutica eficiente.