

Método no invasivo para explorar la actividad de la musculatura bronquial. Valoración de la resistencia de las vías aéreas

Cor. M.C. Juan García-Ramos,* Sbtte. Aux. M.C. Alfonso Garfías-Arvizu**

Escuela Médico Militar. Ciudad de México

RESUMEN. Se presenta un método sencillo para explorar las funciones de la musculatura bronquial en el hombre. Fueron empleados individuos sanos voluntarios y algunos pacientes neumológicos.

La respiración fue registrada con un neumógrafo colocado en la base del tórax y el flujo de aire con un neumotacógrafo de Fleisch acoplado a una mascarilla ordinaria. Se midió la amplitud máxima de los trazos: en condiciones de reposo; durante y después de una inspiración profunda, de un periodo breve de apnea voluntaria, de la maniobra de Valsalva, o de la aplicación de un ruido súbito. Con las medidas se estableció la relación P/V (presión intra-torácica/volumen pulmonar) se graficaron los datos obtenidos.

Se encontró que la musculatura bronquial cambia en su resistencia al flujo de aire, tanto en las condiciones de control como en las manifestaciones reflejas evocadas por las maniobras experimentales empleadas y los estados emocionales, siguiendo las reacciones del sistema nervioso autónomo. Se concluye que a pesar de los diversos factores de error, el método puede ser muy útil para explorar la reactividad del músculo liso de los bronquios en situaciones normales y eventualmente en algunas patológicas.

Palabras clave: bronquios, músculo liso, exploración funcional.

Se sabe que la musculatura bronquial está innervada por el sistema nervioso autónomo, que el simpático produce broncodilatación y el parasimpático broncoconstricción.

SUMMARY. A simple method to determine the reactivity on the bronchial smooth muscle in man is reported. The observations were made on a group of volunteers, healthy subjects and in some neuromological patients. The respiratory movements were recorded by a pneumograph attached to the base of the thorax; the air flow was measured by a Fleisch pneumotachograph coupled to an ordinary anesthesia mask. The maximal amplitudes of the records were measured: at rest, during and after a deep breath, a short period of apnea, the Valsalva maneuver and after a sudden noise. With such data the P/V relation, (intrathoracic pressure/volume of pulmonary air) which represents a figure proportional to the resistance of the airways to air flow, was determined and plotted. It was found that this resistance keeps on a dynamic state while individuals remain in rest and it addressed variations during the reflexes elicited by the different experimental maneuvers employed and during the emotional manifestations of the studied subjects. The changes followed the reactions of the autonomic nervous system. In spite of the several factors of error, this method can be useful to explore the reactivity of the airways smooth muscle at rest and in some physiological or pathological conditions.

Key words: bronchial, smooth muscle, functional evaluation.

Estos dos sistemas regularían el tono del músculo liso para mantener, según diversos autores,⁸ la resistencia y el espacio muerto adecuados para la función ventilatoria pulmonar. Estudios recientes han mostrado que en condiciones fisiológicas, hay contracciones y relajaciones fásicas del músculo liso de los bronquios.^{4,5} Este tipo de actividad seguramente influye modificando la resistencia (R) y el espacio muerto, en forma limitada a diferentes territorios del árbol bronquial además de favorecer el mezclado del aire en su interior. Por otra parte, no se sabe en qué proporción interviene la musculatura bronquial en las diferentes situaciones en las que hay actividad simpática o parasimpática aso-

* Investigador Visitante. Escuela Militar de Graduados de Sanidad.

** Profesor Asociado, Laboratorio de Fisiología. Escuela Médico Militar. México.

Correspondencia:

Cor. Juan García Ramos

Morelos 129

Col. El Carmen, Coyoacán

México, D.F. 04100.

ciada a las diversas manifestaciones reflejas que afectan a otros efectores. La importancia funcional de estos otros tipos de actividad no ha sido aun determinada.

Existen varios procedimientos metodológicos para determinar la resistencia (R), o mejor dicho, la impedancia (Z) al flujo de aire a través de los bronquios.^{3,7,8} La mayor parte de ellos son complicados, emplean altas matemáticas y aparatos sofisticados, modifican las condiciones fisiológicas o sólo dan información para situaciones particulares. La idea que originó el presente trabajo fue la de obtener por un método sencillo datos que mostraran la intervención de la musculatura bronquial en los reflejos normales en los que la actividad del sistema nervioso autónomo modifica a otros efectores, para obtener así información sobre la reactividad del músculo liso de los bronquios en condiciones normales y patológicas. La forma clásica de estudiar la impedancia (Z) que la musculatura bronquial opone al flujo del aire a través de los bronquios, emplea las medidas de la presión intrapleurale, la cual es considerada como índice de la fuerza necesaria para mover hacia adentro y hacia afuera el aire de los pulmones; R sería la relación de estos valores con los del volumen del aire inspirado o espirado para frecuencias muy bajas, y para Z habría que considerar otros factores que varían con la frecuencia y velocidad de los movimientos.^{3,7,8}

La simplificación metodológica que se presenta incluye la medida relativa de los cambios de presión (P) con ayuda de un neumógrafo colocado en la base del tórax, que registra los cambios en la circunferencia de éste. Se supone que este cambio es proporcional al de la presión intratorácica y tiene un curso semejante. El volumen (V) de aire que entra y sale del pulmón se midió por medio de un neumotacógrafo de Fleisch insertado en una mascarilla de las usadas en anestesia. La relación P/V así obtenida, en diversas condiciones experimentales, es comparada con la observada durante la respiración tranquila de reposo, tomada como control. La resistencia de las vías aéreas superiores es considerada como constante.

Material y métodos

Las observaciones fueron realizadas en un grupo de voluntarios sanos y en un grupo de pacientes con diversos datos patológicos proporcionados por el Servicio de Neumología del Hospital Central Militar. El reducido número de sujetos estudiados no justificó su distribución en grupos de edad, sexo o peso corporal diferentes.

Los registros fueron tomados en un polígrafo de Grass (Modelo 7D) a través de dos transductores de presión (PT5) de Grass. La amplificación de los trazos fue ajustada para facilitar las medidas, pero se mantuvo constante para cada caso particular. Se filtraron las frecuencias altas por encima de 35 Hz. Una simplificación conveniente consistió en hacer las medidas solamente de la amplitud máxima de los trazos (Figura 1c) cuando se encontró que el manejo de estos valores ofrecía datos muy semejantes al de las medidas más complicadas, como las del área por abajo de las

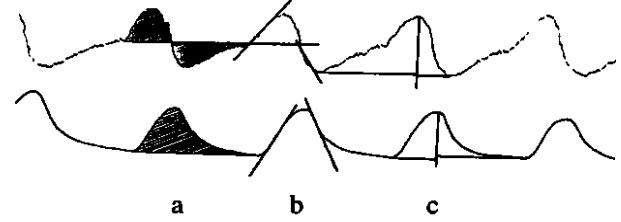


Figura 1. Ilustración de los diferentes métodos de medida. Trazos originales del neumotacograma (arriba) y del neumograma (abajo). Inspiración hacia arriba. En *a* áreas de los registros (zonas rayadas). En *b* tangentes trazadas sobre la inspiración y sobre la espiración. En *c*, las verticales indican la amplitud máxima de los trazos sobre el nivel de reposo. Nótese que las dos bases, inspiratoria y espiratoria no están al mismo nivel.

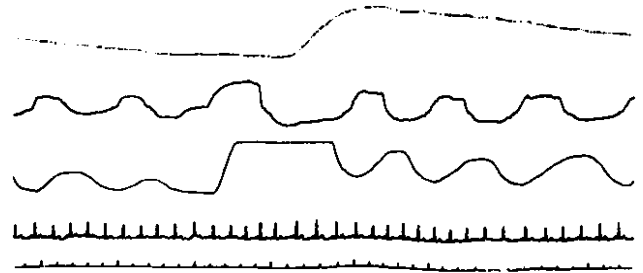


Figura 2. Registros típicos de los cambios inducidos por una inspiración profunda. De arriba a abajo: respuesta psicogalvánica, neumotacograma, neumograma y ECG. Tiempo en segundos. El trazo del neumograma para la inspiración profunda se saturó hacia arriba.

curvas (Figura 1a), que representan la integral de los cambios; o las de las tangentes trazadas en la subida y bajada de las curvas (Figura 1b) que indican la velocidad de estos cambios. La medida de P en el trazo del neumógrafo se dividió entre la del volumen inspiratorio y la de la P espiratoria entre la del volumen correspondiente. Para los registros de P_{insp} se tomó como basal el principio de la inspiración y para P_{exp} el final de la espiración. Estos dos puntos no siempre se encuentran al mismo nivel en los registros. En los registros neumotacográficos en general fue fácil identificar la línea basal de cero. En los casos dudosos ayudó a esta identificación la posición de la línea previa a la colocación de la mascarilla o la de la obtenida durante una pausa en la respiración, en las que el flujo de aire a través del aparato es cero. Con los datos de P/V obtenidos, antes, durante y después de cada una de las maniobras experimentales empleadas se trazaron gráficas como las que se ilustran en la figura 3.

Las maniobras empleadas rutinariamente fueron: a) una respiración profunda, b) la maniobra de Valsalva, c) un breve periodo de apnea voluntaria y d) la aplicación de un ruido súbito. En algunos casos se empleó un estímulo doloroso moderado o la aplicación de una compresa empapada en agua fría sobre alguna zona cutánea descubierta. En la mayor parte de los casos se registraron simultáneamente: un ECG para medir las variaciones de la frecuencia cardíaca y la respuesta psicogalvánica de la piel (PGR) que indica los cambios en la sudoración. Estos dos trazos se emplearon

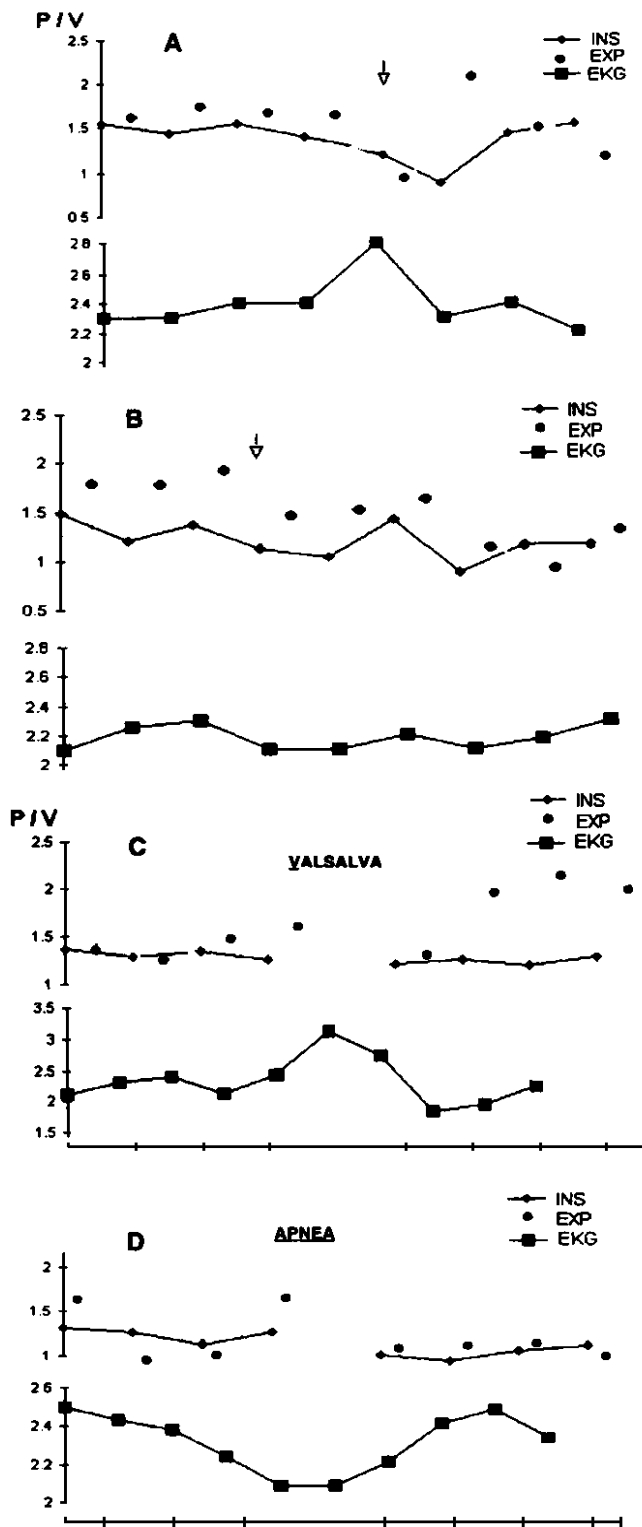


Figura 3. Gráficas que ilustran los resultados obtenidos para los cuatro tipos de maniobras rutinariamente empleadas. Ordenadas: Relación P/V de las medidas de las amplitudes máximas en milímetros en los registros. Frecuencia cardíaca: número de latidos en 2.5 segundos, que es la duración aproximada de los ciclos respiratorios. Abscisas: intervalos entre los ciclos respiratorios, que se inician al pico de cada inspiración. Nótese que los valores para las espiraciones aparecen a la mitad de tales intervalos. A. Inspiración profunda señalada a la flecha. B. Ruido súbito aplicado a la flecha. C. Maniobras de Valsalva marcada por la interrupción de los trazos. D. Apnea voluntaria señalada por la interrupción de las gráficas, como en C.

para seguir las variaciones en la actividad del sistema nervioso autónomo provocados por las maniobras empleadas (Figura 2).

Resultados

Con las medidas efectuadas se trazaron gráficas como las de la figura 3. Su análisis muestra que las maniobras experimentales empleadas alteran en mayor o menor grado la relación P/V correspondiente a cada ciclo respiratorio. Estos cambios, aun cuando no son cuantitativos, expresan las variaciones relativas de R.

Debe aclararse que estas variaciones son tomadas en comparación con las obtenidas en condiciones de control, las que pueden ser consideradas como representativas de las variaciones de R en reposo. Seguramente que todos estos valores están afectados por los errores inherentes al método empleado. A pesar de esta circunstancia puede decirse que la resistencia de las vías aéreas al flujo de aire a su través varía con los cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo inducidas, tanto por las vías reflejas como por la producida durante las manifestaciones emotivas. Es interesante hacer notar que los cambios de R observados no mostraron siempre una magnitud y un curso temporal semejantes a los que ocurrieron en los otros dos efectores autonómicos registrados: corazón y sudomotores. En algunos casos se llegó a apreciar que estos cambios se produjeron en dirección opuesta.

Discusión

El método presentado contiene diversos factores de error: a) fuga de aire por deficiente aplicación de la mascarilla, b) posibilidad de condensación de vapor de agua en las mallas de la resistencia del neumotacógrafo, c) movimientos del sujeto de observación, particularmente los que pueden ocurrir en el istmo de las fauces o en las cuerdas vocales, d) desplazamiento del neumógrafo y e) errores en las mediciones. Para reducir la importancia de los factores de a a d, no bastó siempre pedir la colaboración de los sujetos de observación, ya que siempre existió la posibilidad de que presentaran movimientos involuntarios derivados de reacciones emocionales algunas veces detectadas en los registros de la respuesta psicogalvánica de la piel (PGR).

El factor b) fue minimizado pidiendo al sujeto de observación se retirara la mascarilla entre una y otra prueba y esperando un tiempo de dos minutos o más entre una y otra. Los errores en las mediciones fueron los más importantes. Al principio de las observaciones se midieron las tangentes como se ilustra en la figura 1-b. Esta forma de tratamiento parece suficientemente precisa, aunque no deja de tener factores de error y además consume mucho tiempo.

Una de estas causas de error estriba en que la excursión de las plumas inscriptoras se hace en forma radial. Otra depende de las irregularidades muchas veces presentes en los trazos. Estas dos causas de error pueden ser minimizadas

usando una velocidad de papel relativamente alta (10mm/seg).

Esta velocidad también favorece la medida de la frecuencia cardíaca. Posteriormente la medida de las tangentes fue solamente empleada para los casos dudosos, y fue pronto sustituida por la de las amplitudes máximas de los trazos.

Esta medida está justificada por el hecho de que las gráficas de los ciclos respiratorios pueden ser reducidas a triángulos en los que la altura, como lo dicta la geometría, es proporcional al área cuando, como en este caso, la base de estos triángulos que están siendo correlacionados tienen la misma medida.

A pesar de los factores de error mencionados, puede decirse que el método sencillo que se presenta puede ser de gran utilidad para la exploración de las funciones de la musculatura bronquial en condiciones fisiológicas y patológicas. Los resultados obtenidos confirman la idea expresada en estudios anteriores que indican que el músculo liso de los bronquios está en condiciones dinámicas en el estado normal⁵ y que sus variaciones normales dependen en gran parte de las reacciones del sistema nervioso autónomo. Estas reacciones pueden ser afectadas por los impulsos nerviosos que provienen del generador central de la respiración,^{2,6} o por los circuitos neuronales que controlan los estados emocionales.

La discrepancia observada algunas veces entre las respuestas de la musculatura bronquial y las de otros efectores es sólo un caso más del hecho que las reacciones del simpático y del parasimpático no necesariamente afectan en forma general y de igual manera a todos los efectores.⁴ Por otra parte, las reacciones reflejas del músculo liso de los bronquios también resulta de la puesta en juego de reflejos cortos locales que tienen lugar en las neuronas ganglionares periféricas de los plexos bronquiales.¹

Ya fue mencionado que este método no ofrece valores absolutos de R de las vías aéreas. En la actualidad no se cuenta con un método que ofrezca cifras de R o de Z aplicable al hombre en condiciones fisiológicas.^{3,7,8} Ya se mencionó que el calibre de los bronquios no es constante,

ni aun durante un ciclo respiratorio.⁵ Esta variabilidad haría necesario que pudiéramos contar con métodos en los que se estableciera la relación P/V para cada momento de este ciclo, con el análisis de las curvas x-y para cada una de las frecuencias respiratorias del individuo normal y que se conservara constante la resistencia de las vías aéreas superiores que, aunque poco significativa en condiciones fisiológicas, puede ser de importancia en los casos patológicos.

A pesar del corto número de sujetos estudiados en la presente comunicación, se pueden derivar otras dos conclusiones provisionales. Una de ellas es que la resistencia de las vías aéreas es menor durante la inspiración que en la expiración. Esto confirma observaciones anteriores,^{1,2} que muestran que hay descargas de neuronas simpáticas que inervan el músculo liso de los bronquios y que esta actividad está funcionalmente ligada con la inspiración. La segunda conclusión es que la musculatura bronquial participa en las reacciones del sistema nervioso autónomo. Estas conclusiones podrán ser confirmadas cuando se profundice más en este tipo de estudios.

Referencias

1. Coburn RF. Peripheral airway ganglia. *Ann Rev Physiol* 1987; 49: 573-82.
2. Dembrowsky K, Czachurski J, Seller H. An intracellular analysis of the respiratory modulation of sympathetic preganglionic neurons in the cat. *Acta Physiol Scand* 1989; 136(Suppl 584): 10.
3. Farré R, Peslin R, Rotger M, Navajas D. Human lung impedance from spontaneous breathing frequencies to 32 Hz. *J Appl Physiol* 1994; 76: 1176-83.
4. García-Ramos J, Silva I. Registros simultáneos de la actividad simpática en diversos efectores en el hombre. *Acta Médica E.S.M. del IPN* 1990; 24: 7-15.
5. García-Ramos J. Phasic activity in the airways smooth muscle. *Acta physiol pharmacol latinoam* 1991; 41: 217-28.
6. Kalia MP. Organization of central control of airways. *Am Rev Physiol* 1987; 49: 595-609.
7. Lay YL, Diamond L. Comparison of five methods of analyzing respiratory pressure-volume curves. *Respir Physiol* 1986; 66: 147-55.
8. Widdicombe JG, Nadel JA. Airway volume, airway resistance and force of breathing: theory. *J Appl Physiol* 1963; 18: 863-8.