

## Sonidos respiratorios

J.A. Fiz Fernández

Servicio de Neumología. Hospital Germans Trias i Pujol. Badalona. Barcelona.

La auscultación pulmonar es un método exploratorio imprescindible en la evaluación clínica del paciente. En muchas situaciones la información que proporciona es diagnóstica. Sin embargo, es subjetiva pues depende en gran medida de las características del explorador. Es el "buen oído" y la experiencia del que ausculta lo que proporciona precisión, seguridad y en cierta manera la elevan a la categoría de arte (el arte de auscultar).

Pero vivimos en plena era de la revolución informática, de las comunicaciones y, en definitiva, de la objetivación de lo subjetivo. Y es que la revolución informática ha proporcionado las herramientas necesarias para el desarrollo espectacular de los múltiples aspectos de la vida. Era lógico que su influencia se dejara notar en este cotidiano aspecto de la medicina.

El primer paso consistió en el tratamiento analógico de las señales de sonido pulmonar mediante la aplicación de micrófonos, amplificadores e ingeniosos sistemas de filtrado en cascada. El empleo del osciloscopio permitió analizar temporalmente la señal de sonido pulmonar y comenzar a catalogar en tiempo lo normal y lo sobreañadido. Mediante las modernas técnicas de análisis digital y tratamiento de señales ha sido posible aplicar conceptos matemáticos "modernos" como la transformada rápida de Fourier que permite la descomposición de la señal en sus diferentes frecuencias, o la aplicación de filtros digitales y análisis estadísticos para caracterizar con más precisión este tipo de señales estocásticas.

Finalmente, el reconocimiento automático de los diferentes ruidos se hace imprescindible dada la enorme complejidad de las técnicas de análisis empleadas.

Pero vayamos ya a dar una visión global de lo sucedido en los últimos años de tal forma que el lector se pueda hacer su propia composición de lugar.

El sonido vesicular es el sonido respiratorio normal que se ausculta al colocar el estetoscopio sobre la caja torácica. Está producido por el movimiento de aire dentro y fuera del pulmón. Consta de un pico de potencia entre los 40 y 100 Hz con una posterior disminución exponencial del orden de 30 dB a 300 Hz. Los niños menores de 3 años no tienen el descenso exponencial del adulto, y es a partir de los 9 años cuando se asemeja a este último. Tiene poca variabilidad intra e interindividual y es independiente del modelo utilizado para su representación<sup>1-3</sup>.

No se conoce aún bien su origen, pero un reciente estudio realizado en animales indica que el sonido vesicular inspiratorio tiene su origen en las vías aéreas lobares y segmentarias, mientras que el sonido espiratorio se origina en las vías aéreas de mayor calibre (tráquea)<sup>4</sup>.

El espectro del sonido traqueal es distinto al del sonido recogido sobre la caja torácica ya que su potencia, en vez de disminuir exponencialmente, se mantiene constante hasta frecuencias del orden de 900-1.000 Hz donde desciende bruscamente<sup>2,5</sup>.

La transmisión de sonido desde la boca hasta el tórax se atenúa a altas frecuencias debido a la absorción de energía por parte del parénquima pulmonar<sup>6</sup>.

Se ha observado que en los pacientes con enfisema pulmonar la transmisión del sonido respiratorio puede estar aumentada, disminuida o ser normal dependiendo de la zona de auscultación<sup>7</sup>. Cuando auscultamos a un paciente con enfisema pulmonar nuestra percepción es la de una disminución de la intensidad del sonido respiratorio; sin embargo, un estudio reciente demuestra que a igualdad de flujo la intensidad del sonido respiratorio en los pacientes con enfisema es similar a la de los sujetos sanos<sup>8</sup>, por lo que se cree que durante la exploración estos pacientes ya tienen una limitación al flujo aéreo que hace disminuir la intensidad del sonido pulmonar.

Se denominan sonidos adventicios pulmonares a los ruidos superimpuestos a los sonidos respiratorios normales que se producen en ciertas circunstancias y que, por lo general, indican enfermedad. Las sibilancias

Correspondencia: Dr. J.A. Fiz Fernández.  
Servicio de Neumología. Hospital Germans Trias i Pujol.  
Carretera del Canyet, s/n. Can Ruti. 08915 Badalona. Barcelona.

*Arch Bronconeumol* 1995; 31: 141-143

son sonidos continuos de carácter musical que duran más de 250 ms. Son ondas producidas por la oscilación inducida por el flujo aéreo sobre las paredes de las vías aéreas. Se originan en zonas donde el diámetro de la vía aérea disminuye por debajo de un cierto valor crítico y se relacionan con la limitación al flujo aéreo en la zona afectada. Además de la limitación al flujo aéreo los remolinos que se forman en estas zonas contribuyen a la vibración de la pared y, en consecuencia, a la generación del sonido.

Las sibilancias son independientes de la densidad del gas y tienen un cierto carácter repetitivo durante los ciclos respiratorios<sup>9</sup>. Las sibilancias son reproducibles a igualdad del flujo aéreo como se ha demostrado durante la realización de maniobras espiratorias forzadas a través de tubos a diferente calibre<sup>10</sup>.

La medida de la respuesta bronquial a la histamina o metacolina es de aplicación rutinaria en el diagnóstico del asma bronquial. Las medidas se realizan mediante métodos convencionales (espirometría, pletismografía) que necesitan de una buena cooperación por parte del paciente. Sin embargo, no todos los pacientes tienen el mismo grado de colaboración, de ahí que se busquen medios de análisis no invasivos. En los estudios realizados se observa que existe una relación entre la dosis inhalada del broncoconstrictor y la frecuencia del espectro del sonido respiratorio. A medida que se aumenta la dosis y el FEV<sub>1</sub> disminuye, se incrementan los componentes de alta frecuencia del espectro y la intensidad del sonido inspiratorio<sup>11-13</sup>, incluso los cambios en frecuencia son previos a la auscultación de las sibilancias y paralelos al descenso de los flujos aéreos. La administración posterior de un broncodilatador revierte el valor de dichos parámetros a la situación basal.

La sonometría puede tener una gran aplicación en los niños que como es lógico no poseen el mismo grado de colaboración que los adultos. Se ha observado que en los niños asmáticos la sensibilidad de la presencia de sibilancias como indicador de hiperrespuesta bronquial tras la inhalación de metacolina es de un 68%, mientras que la especificidad es de un 85%<sup>14</sup>. La especificidad es también alta en los pacientes con fibrosis quística<sup>15</sup>. En los niños afectados de bronquiolitis aguda que responden al broncodilatador (proporción de tiempo con sibilancias-tiempo total), la frecuencia media del espectro no varía, mientras que en los no respondedores se produce una disminución de la misma<sup>16</sup>. Este efecto paradójico no ha podido ser explicado aún.

El análisis del sonido traqueal puede servir para detectar la existencia de estenosis traqueal. En 18 sujetos afectados de estenosis traqueal se observó que la potencia del espectro a 1 kHz estaba aumentada respecto al espectro de los sujetos controles. Este parámetro detectó estenosis con superficies traqueales menores de 0,75 cm<sup>2</sup><sup>17</sup>.

Los estertores son sonidos explosivos intermitentes que duran menos de 20 ms. Se caracterizan por una deflexión inicial seguida por varias oscilaciones amortiguadas. La frecuencia de corte y los sistemas de

filtrado utilizados pueden cambiar su morfología<sup>18</sup>. Para su clasificación se utilizan los criterios de Murphy<sup>19</sup> aplicados al análisis temporal y la potencia del espectro al análisis frecuencial. Otros criterios de análisis temporal como los descritos por J. Hoovers muestran menos variabilidad que los criterios de Murphy<sup>20</sup>. En líneas generales los estertores se clasifican en finos y gruesos siendo los anchos de onda menores y las frecuencias máximas mayores en los estertores finos, aunque existe un cierto solapamiento entre ambos tipos<sup>21</sup> y es posible observarlos a la vez en algunas patologías si el análisis es individual.

El proceso de lectura individualizada de los estertores y sibilancias es relativamente lento, por lo que actualmente se tiende a realizar el recuento de forma automatizada. Los métodos automáticos basados en algoritmos de reconocimiento tienen una buena sensibilidad, especificidad y correlación con los recuentos auditivos o visuales<sup>22-24</sup>, por lo que se empieza a plantear la posibilidad de utilizar el análisis de sonidos como procedimiento de detección general.

Recientemente se han podido describir el tipo y características de los estertores en diversas patologías. Así, en la asbestosis, los estertores son finos y aparecen al comienzo de la inspiración<sup>25</sup>.

En el inicio del cuadro neumónico, los estertores son gruesos, y se observan con más frecuencia hacia la mitad de la inspiración (semejan bronquiectasias) mientras que a medida que el proceso se va resolviendo los estertores se hacen finos y aparecen al final de la inspiración (recuerda a la alveolitis fibrosante)<sup>26</sup>.

En las bronquiectasias y en la EPOC los estertores son gruesos y se diferencian porque en la EPOC terminan antes durante la inspiración<sup>27</sup>. Los estertores de la insuficiencia cardíaca son bastante similares a los observados en las bronquiectasias y en la EPOC, y se ha observado tanto en la inspiración como en la espiración, aunque es en las bronquiectasias donde se contabiliza un mayor número de estertores espiratorios.

En la alveolitis fibrosante la presencia de estertores durante la espiración puede indicar que la enfermedad progresa<sup>28</sup>.

De lo anteriormente expuesto podemos deducir que el análisis de los sonidos pulmonares puede convertirse en una técnica complementaria que ayudará al diagnóstico, seguimiento y respuesta al tratamiento de las enfermedades respiratorias. Tienen una ventaja esencial que es el hecho de no ser invasivas y no necesitar de la realización de maniobras que exigen una máxima colaboración por parte del sujeto.

Sin embargo, y aunque se ha avanzado mucho en el desarrollo de técnicas de recogida (buena relación señal-ruido de los transductores)<sup>29</sup>, tratamiento (filtrado analógico y digital) y análisis de la señal (aplicación de ventanas, medidas temporales y frecuenciales, análisis estadístico, etc.), las técnicas de reconocimiento no están lo suficientemente desarrolladas y corroboradas por diferentes laboratorios, lo que permitiría obtener unos criterios universales de reconocimiento y en consecuencia desarrollar sistemas automáticos de recuento y análisis.

He dejado para el final un aspecto que puede ser importante. La audición simultánea o previa grabación del sonido recogido tiene un carácter docente evidente. Es un medio único que permite al médico interesado aprender a clasificar y distinguir entre los diferentes sonidos pulmonares. En este caso, y siguiendo el clásico refrán, deberíamos decir que una buena audición vale más que mil palabras.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Ploysongsang Y, Iger VK, Ramamoorthy PA. Reproducibility of the vesicular breath sounds in normal subjects. *Respiration* 1991; 58: 158-162.
2. Gavriely N, Herberg M. Parametric representation of normal breath sounds. *J Appl Physiol* 1992; 73: 1.776-1.784.
3. Hidalgo HA, Wegmann MJ, Waring WW. Frequency spectra of normal breath sounds in childhood. *Chest* 1991; 100: 999-1.002.
4. Kraman SS, Wang PM. Airflow-generated sound in a hollow canine airway cast. *Chest* 1990; 97: 461-466.
5. Gavriely N, Palto Y, Laroy G. Spectral characteristics of normal breath sounds. *J Appl Physiol* 1981; 50: 307.
6. Wodicka GR, Shannon DC. Transfer function of sound transmission in subglottal human respiratory system at low frequencies. *J Appl Physiol* 1990; 69 (6): 2.126-2.130.
7. Ploysongsang Y, Pare J, Macklem PT. Lung sounds in patients with emphysema. *Am Rev Respir Dis* 124: 45-49.
8. Schreur HJW, Sterk P-J, Vanderschoot J, Van Klink HCJ, Van Vollenhoven E, Dijkman JA. Lung sound intensity in patients with emphysema and in normal subjects at standardized airflows. *Thorax* 1992; 47: 674-679.
9. Shabtai-Musih Y, Grotberg JB, Gavriely N. Spectral content of forced expiratory wheezes during air, he, and SFG breathing in normal humans. *J Appl Physiol* 1992; 72: 629-635.
10. Beck R, Gavriely N. The reproducibility of forced expiratory wheezes. *Am Rev Respir Dis* 1990; 141: 1.418-1.422.
11. Anderson K, Aitken S, Carter R, Macleod JES, Moran F. Variation of breath sound and airway caliber induced by histamine challenge. *Am Rev Respir Dis* 1990; 141: 1.147-1.150.
12. Spence DPS, Bentley S, Evans DH, Morgan MDL. Effect of methacholine induced bronchoconstriction on the spectral characteristics of breath sound in asthma. *Thorax* 1992; 47: 680-683.
13. Malmberg LP, Sovijarvi ARH, Paajanen E, Piirla P, Haahtela T, Katila T. Changes in frequency spectra of breath sounds during histamine challenge test in adult asthmatic and healthy control subjects. *Chest* 1994; 105: 122-132.
14. Sánchez I, Avital A, Wong I, Tal A, Pasterkamp H. Acoustic vs spirometric assessment of bronchial responsiveness to methacoline in children. *Pediatr Pulmonol* 1993; 15: 28-35.
15. Sánchez I, Powell RE, Pasterkamp H. Wheezing and airflow obstruction during methacoline challenge in children with cystic fibrosis and in normal children. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 705-709.
16. Tal A, Sánchez I, Pasterkamp H. Respirosonography in infants with acute broncholitis. *AJDC* 1991; 145: 1.405-1.410.
17. Yonemaru M, Kikuchi K, Mori M, Kawai A, Abe T, Kawashiro T et al. Detection of tracheal stenosis by frequency analysis of tracheal sounds. *J Appl Physiol* 1993; 75: 605-612.
18. Katila T, Piirla P, Kallio K, Paajanen E, Rosquist T, Sovijarvi ARA. Original waveform of long sound crackles. A case study of the effect of high-pass filtration. *J Appl Physiol* 1991; 71: 2.173-2.177.
19. Murphy RLH, Holford SR, Knowler WC. Visual lung-sound characterization by time-expanded wave-form analysis. *N Engl J Med* 1977; 296: 968-971.
20. Hoovers J, Loudon RG. Measuring crackles. *Chest* 1990; 98: 1.240-1.243.
21. Munakata M, Ukita H, Doi I, Ohtsuka Y, Masaki Y, Homma Y et al. Spectral waveform characteristics of fine and coarse crackles. *Thorax* 1991; 46: 651-657.
22. Murphy RLH, Del Bono EA, Davidson F. Validation of an automatic crackle (rale) counter. *Am Rev Respir Dis* 1989; 140: 1.017-1.020.
23. Kaisla T, Sovijarvi A, Piirla P, Rajala H-M, Haltsonen S, Rosqvist T. Validated method for automatic detection of lung sound crackles. *medical & Biological Engineering & Computing* 1991; 29: 517-521.
24. Gavriely N, Nissan M, Gugell DW, Rubin AHe. Respiratory health screening using pulmonary function test and lung sound analysis. *Eur Respir J* 1994; 7: 35-42.
25. Jarad NAI, Strickland B, Bothamley G, Lock S, Loga-Sinclair R, Rudd RM. Diagnosis of asbestosis by a time expanded wave form analysis, auscultation and high resolution computed tomography. A comparative study. *Thorax* 1993; 48: 347-353.
26. Piirla P. Changes in crackle characteristics during the clinical course of pneumonia. *Chest* 1992; 102: 176-183.
27. Piirla P, Sovijarvi ARA, Kaisla T, Rajala H-M, Katila T. Crackles in patients with fibrosing alveolitis, bronchiectasias, COPD, and heart failure. *Chest* 1991; 99: 1.076-1.083.
28. Walshaw MJ, Nisar M, Pearson MG, Calverley P, Earis JE. Expiratory lung crackles in patients with fibrosing alveolitis. *Chest* 1990; 97: 407-409.
29. Pasterkamp H, Kraman SS, Defreain PD, Wodicka GR. Measurement of respiratory acoustical signals. Comparison of sensors. *Chest* 1993; 104: 1.518-1.525.