

Medición de volúmenes pulmonares dinámicos: una breve reseña histórica

Dra. Solange Caussade¹

¹ Profesor Asistente Adjunto. División Pediatría. Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile.

El invento del espirómetro moderno en el siglo XIX marcó un hito en la historia de la evaluación de la función pulmonar. Este descubrimiento fue fruto del pensamiento e ingenio de muchos científicos quienes durante casi tres siglos, basándose en observaciones simples, intuiciones y suposiciones acerca de los mecanismos normales de la respiración, fueron forjando las bases de los conocimientos actuales de la fisiología y fisiopatología respiratoria⁽¹⁾. A inicios del siglo XIX, se fundan principalmente en Inglaterra, compañías aseguradoras, las cuales debían evaluar el riesgo vital de sus clientes. Siendo la tuberculosis una de las principales causas de muerte, surgió la necesidad de contar con algún instrumento que determinará la magnitud del compromiso pulmonar en estos pacientes^(2,3).

PRIMERAS OBSERVACIONES

Los primeros relatos referidos a la evaluación de la función respiratoria se remontan al siglo II AC, cuando Galeno hizo respirar durante un tiempo a un joven en una vejiga, observando que el volumen de aire movilizado era semejante en cada ciclo respiratorio. En 1681, Giovanni Alfonso Borelli trató de medir el volumen del aire inspirado, absorbiendo un líquido a través de un tubo, pero por requerir de una presión negativa, el volumen medido le pareció muy bajo en relación a la expansión torácica. En su experimento, Borelli se tapó la nariz para evitar que el escape de aire afectara la precisión de las mediciones; técnica aún vigente para conseguir resultados correctos⁽¹⁾. Daniel Bernouilli, en 1749, habría sido el primero en medir el volumen del aire espirado mediante el sistema que se muestra en la Figura 1. Recién en 1796, Menzies, un médico británico, acuñó el término "volumen corriente" para definir el aire que se movilizaba al respirar. El utilizó un pletismógrafo rudimentario armado en base a un barril lleno de agua; este tenía un agujero en la tapa para el cuello de la persona, de forma que todo el cuerpo -hasta la barbilla del sujeto- quedaban dentro del barril. Por otro pequeño orificio sobresalía un cilindro de cristal con agua, la cual subía o bajaba con los movimientos respiratorios del tórax. En 1813, Edward Kentish inventa el primer instrumento que permitió medir el ascenso o descenso del agua al respirar conectando

la boca del sujeto a un tubo en la parte superior de una campana invertida; ésta tenía marcas que permitían hacer las mediciones de estas variaciones en los volúmenes⁽¹⁾.

Primer hito: El descubrimiento de los volúmenes pulmonares y su aplicación en la enfermedad

Como se ha mencionado, los sistemas de medición se basaban en la movilización del agua dentro de contenedores de variadas formas. Así, en 1844, John Hutchinson (1811-1861), médico británico con interés en la ingeniería mecánica y estadística (estudioso de las experiencias previas de los científicos Hales, Davy y Turner) crea el primer espirómetro neumático⁽¹⁻⁴⁾. Hutchinson caracteriza los pulmones como una máquina llena de aire y define sus compartimentos: El aire de la respiración (volumen corriente), el aire complementario (el disponible frente a un esfuerzo extremo; es decir, el volumen de reserva inspiratoria), el aire de reserva (el que queda dentro del pulmón luego de una espiración tranquila; es decir, el volumen de reserva espiratorio), y finalmente el aire residual (el que queda luego de una espiración máxima). El conjunto de los tres primeros los consideró vitales para sobrevivir y por ello lo denominó capacidad vital (Figura 2)⁽²⁾.

Pero más importante que crear su propio espirómetro, Hutchinson introdujo dos conceptos innovadores para la época, los cuales expuso en la sociedad británica de artes en 1944, y luego publicó en la revista Lancet. El primer concepto se refiere a la necesidad de tener valores normales de volúmenes pulmonares para poder diagnosticar sus alteraciones. Planteó que éstos valores se obtienen mediante mediciones en grupos numerosos de sujetos sanos, de diferentes edades. En su publicación muestra los resultados encontrados en 2.130 sujetos sanos y elabora una fórmula para calcular la capacidad vital, incluyendo la talla como variable. El segundo concepto brindado por Hutchinson fue la posibilidad de detectar precozmente una enfermedad pulmonar mediante una prueba fisiológica como la espirometría. Como ejemplo, cita el caso de Charles Freeman, un boxeador norteamericano de 2,12 metros de altura, a quien Hutchinson encuentra una capacidad vital muy inferior a la predicha. Siendo que los clínicos de la época no encontraron nada en su examen físico, Charles Freeman fallece un año después debido a tuberculosis^(2,3).

Sin embargo, hay quienes sostienen que estas ideas las había planteado con anterioridad el médico francés Jean Bourguery, ya que existe una publicación en la academia de ciencias de París del año 1843, en la cual se refiere con gran detalle a los hallazgos en los volúmenes pulmonares obtenidos en 70 sujetos y su relación son la edad, sexo y enfermedades como enfisema pulmonar, obtenidos con un

Correspondencia: Dra. Solange Caussade
Pediatra Broncopulmonar. Profesor Asistente Adjunto. División Pediatría.
Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile.
Teléfono 56(2)354 3767.
E-mail: mcaussa@med.puc.cl

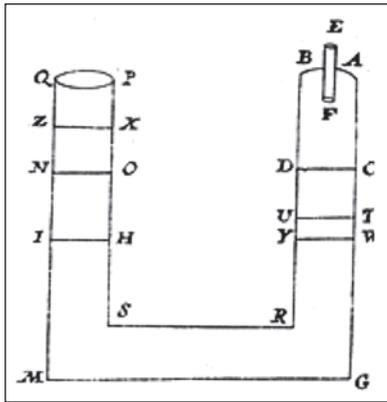


Figura 1. Bernoulli, 1749. La prueba se inicia con agua en el nivel CDON. Se espira en la cavidad ABCD y se tapa el orificio E. El agua desplazada ahora está en el nivel UT a la derecha y XZ a la izquierda. Para corregir la presión se retira parte del agua por el extremo izquierdo hasta que se igualen WYHI. El volumen CDYW corresponde al aire espirado⁽¹⁾.

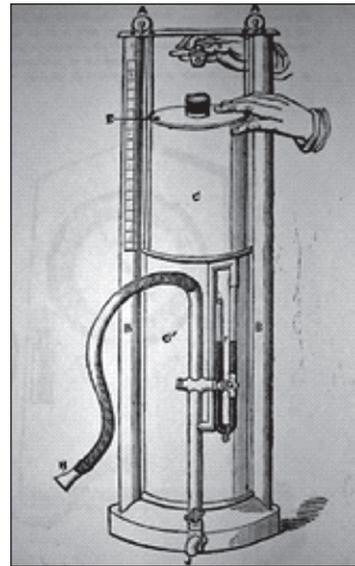


Figura 2. Espirómetro de Hutchinson. Dos cilindros verticales, el externo lleno con agua y el interno diseñado para recibir un tubo que transmita el aire espirado. Este volumen de gas acumulado dentro de ese sistema cerrado, produce movimiento en la columna de mercurio, determinado el volumen medido⁽²⁾.

aparato de medición hidroneumático, que correspondería a un espirómetro⁽⁵⁾.

Pasó un siglo durante el cual el espirómetro se usó como herramienta para enseñanza de la fisiología respiratoria en las escuelas de medicina y para investigación. A inicios del siglo XX, varios científicos investigaron los aspectos dinámicos de la ventilación, no obteniendo grandes avances debido a la falta de instrumentos que registraran en forma instantánea los movimientos respiratorios. La evaluación precisa de la dinámica respiratoria sólo fue posible luego de la descripción del neumotacógrafo por Fleisch en 1925⁽⁶⁾.

Segundo hito: Medición de volúmenes dinámicos y su utilidad clínica

En 1933, Hermanssen registra la ventilación voluntaria máxima, dando inicio a la era de medición dinámica de los volúmenes pulmonares. Sin embargo, esta medición tuvo detractores, quienes la consideraban cansadora, no realizable por más de 5 veces por sesión, requería entrenamiento y además -en los asmáticos- podía desencadenar una crisis⁽⁶⁾. Tiffeneau y Pinelli habían observado que durante el ejercicio el aire circulante (volumen corriente) y la frecuencia respiratoria aumentaban y propusieron medir el volumen máximo que se pudiese espirar en un espacio de tiempo. En 1947, publican en *Paris Médical* las mediciones de la CPUE (capacidad pulmonar utilizada en el esfuerzo), que sería el mayor volumen posible de espirar durante 1 segundo. El espirómetro que usaban estaba conectado a un cilindro que giraba a una velocidad entre 2 y 3 centímetros por segundo⁽⁶⁾.

Además usaron esta medición para evaluar respuesta a los broncodilatadores y broncoconstrictores, lo que ayudó a caracterizar las enfermedades de la vía aérea. En 1954, la CPUE se transformó en VEMS (volumen espiratorio máximo en 1 segundo) para los francófonos y en VEF₁ (volumen espiratorio forzado en 1 segundo) para los anglo-americanos. Unos años después Tiffeneau señala que ésta medición aportaba información acerca del grado de compromiso respiratorio,

mientras que la relación entre VEMS y capacidad vital (CV) daba información acerca de su origen. Describió además su relación con la talla en los niños y en los adultos con la edad, determinando el valor normal de la relación CPUE/CV (entre 76 y 92%) y describe una alteración en la fase espiratoria de los pacientes con bronquitis, influenza y resfriado común⁽⁶⁾.

Tercer hito: Acuerdo de expertos

Luego de los trabajos de Tiffeneau hubo gran discusión acerca de la forma ideal de medición, su significado fisiológico, las implicancias clínicas del VEMS o VEF₁. Hubo un gran esfuerzo para determinar rangos de valores normales y de homogeneizar los procedimientos⁽⁶⁾. Finalmente, el año 1979 la American Thoracic Society publica la estandarización de los equipos y de la realización de la prueba de espirometría forzada y en 1980 lo hacen Taussig y colaboradores para niños^(7,8).

COMENTARIO FINAL

La historia de la evaluación de la función pulmonar es muy amplia, existiendo variados relatos acerca de la medición de volúmenes pulmonares estáticos, intercambio gaseoso, regulación de la respiración. Por lo extenso de la información, se omitieron los nombres de numerosos investigadores ilustres, entre ellos Gross, de nacionalidad chilena⁽⁶⁾. El descubrimiento y comprensión de sus bases fisiológicas constituyen su eje fundamental para ser aplicadas en clínica, y vemos como su desarrollo no ha ocurrido por casualidad, sino por la capacidad de percepción y razonamiento de médicos y científicos brillantes.

REFERENCIAS

1. Spriggs EA. The history of spirometry. *Br J Dis Chest* 1978; 72: 165-80.

2. Speizer FE. John Hutchinson, 1811-1861. The First Respiratory Disease Epidemiologist. *Epidemiology* 2011; 22: e1-e9.
3. Spriggs EA. John Hutchinson, the inventor of the spirometer – his North Country background, life in London, and scientific achievements. *Med Hist* 1977; 21: 357-64.
4. Petty T. John Hutchinson's mysterious machine revisited. *Chest* 2002; 121: 219S-23S.
5. Derenne JP, Zelter M. A qui revient la primeur de la description de la spirométrie «clinique»? *Rev Mal Respir* 2002; 19: 385-6.
6. Yernault JC. The birth and development of the forced expiratory manœuvre: a tribute to Robert Tiffeneau (1910-1961). *Eur Respir J* 1997; 10: 2704-10.
7. ATS Statement-Snowbird workshop of standardization of spirometry. *Am Rev Respir Dis* 1979; 119: 831-8.
8. Taussig LM, Chernick V, Wood R, Farrell P, Mellins RB. Standardization of lung function proceedings and Recommendations of the GAP Conference Committee. Cystic Fibrosis Foundation. *J Pediatr* 1980; 97: 668-76.