

LA EXPLORACIÓN FUNCIONAL RESPIRATORIA EN EL SIGLO XXI

María Antonia Gómez Mendieta, Francisco García Ríos

Aunque la preocupación por el conocimiento de la fisiología respiratoria se remonta a periodos muy lejanos, el desarrollo de procedimientos para su medida y análisis en contextos clínicos no es tan antiguo como pudiera parecer. Quizá el primer reconocimiento de la relevancia de la ventilación procede de Vesalio, quien en 1543 evidenció que tras abrir el tórax y desencadenar un colapso pulmonar, no se producía el fallecimiento si se mantenían los movimientos pulmonares con una bomba. Aunque no es objetivo de este texto efectuar una descripción pormenorizada de la historia de la fisiología respiratoria, autores como Hook, Galeno, Lavoisier y Pflüger realizaron importantes aportaciones para el mejor conocimiento de la ventilación, el oxígeno o los procesos de oxidación.

No obstante, la posibilidad de medir y evaluar, tanto en sujetos sanos como enfermos, no fue adquirida hasta hace dos siglos, cuando John Hutchinson, un cirujano inglés, inventó una campana calibrada sellada en agua que permitía recoger el volumen de aire espirado después de una inspiración máxima. Con su rudimentario equipo, describió en 1846 el primer parámetro espirométrico, la capacidad vital o capacidad “para vivir”⁽¹⁾. Esta denominación no se antojaba caprichosa, puesto que la capacidad vital parecía servir para la predicción de mortalidad precoz. En los años siguientes se demostró que la capacidad vital era especialmente útil para pronosticar mortalidad en pacientes con complicaciones fibróticas secundarias a la tuberculosis, que en aquellos años resultaba endémica en Europa, o con insuficiencia cardiaca, así como en mineros del carbón. Sin embargo, el espirometro tuvo

una mala aceptación por la medicina oficial británica y Hutchinson emigró a Australia, donde falleció nueve años más tarde. Muchos años después, el célebre estudio Framingham confirmó que la capacidad vital era un poderoso predictor pronóstico⁽²⁾. Resultaba útil para detectar el desarrollo de enfermedad pulmonar e insuficiencia cardiaca y permitía seleccionar eficazmente grupos de personas que iban a sufrir una muerte prematura. En este mismo estudio se concluía que, puesto que permite estimar mortalidad tanto cardiovascular como no cardiovascular, la capacidad vital podría ser una medida realmente muy útil para la valoración de seguros médicos⁽²⁾.

En el desarrollo de la espirometría todavía se produjeron otros hitos. En 1923, Fleisch desarrolló el neumotacógrafo, que permitió obtener una medición precisa y fiable del flujo. Pasada la Segunda Guerra Mundial, en 1947, Tiffeneau introdujo el cociente entre el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV₁) y la capacidad vital lenta, que alcanzó un gran éxito y ha monopolizado gran parte de la interpretación de la espirometría. Y todavía años después, en 1958, Fry y Hyatt propiciaron la sustitución de la curva volumen-tiempo por la curva flujo-volumen, que aporta mucha más información sobre la evolución de la respiración máxima forzada.

En otro ámbito, DuBois ideó el pletismógrafo en 1956, para perfeccionarlo en los años siguientes y Campbell desarrolló la medición de la resistencia de las vías respiratorias en 1957. Aunque Krogh ya había sentado las bases del análisis de la difusión pasiva de gases en función del tiempo en 1915, el desarrollo y generalización de los sistemas de registro de

la capacidad de difusión de CO por respiración única es más reciente. Pero quizá el caso más paradigmático suceda con la gasometría. Aunque ésta es hoy en día una exploración completamente integrada en la práctica clínica, no fue hasta 1958 cuando Severinghaus desarrolló analizadores rápidos, fiables y sencillos de oxígeno, CO₂ y pH. Aunque resulte sorprendente, el concepto de insuficiencia respiratoria y su evaluación diagnóstica y terapéutica se consolidó en los años sesenta del siglo pasado.

Desde esta perspectiva histórica, es justo reconocer el indiscutible papel de la fisiopatología clásica en la conformación de la neumología como especialidad. Una vez perdido el impacto de la tisiología, la fisiología clásica constituyó uno de los pilares que sustentaron la configuración de la neumología como una especialidad médica diferenciada del tronco común de la medicina interna. Al igual que en otras muchas especialidades médicas, la separación de la medicina interna se soportó por el desarrollo de una sólida base fisiológica y la generación de técnicas o procedimientos diagnósticos y terapéuticos muy específicos. La fisiología clásica, la fisiología aplicada y la fisiopatología no sólo constituyen la vía de estudio del funcionamiento de organismos, sistemas u órganos completos, tanto normales como enfermos, sino que proporcionan un soporte imprescindible para el ejercicio de la medicina respiratoria. De hecho, resulta inaceptable que un neumólogo no contemple la valoración de la espirometría, los volúmenes pulmonares o la capacidad de difusión para caracterizar y seguir la evolución de diversas enfermedades respiratorias.

Pero, además, es necesario reconocer la importancia de la fisiopatología como forma de entender y ejercer la especialidad, y no quedarse sólo en la interpretación clínica de las pruebas funcionales. De otra forma, se carece del desarrollo conceptual y técnico que justifica la especialización en neumología y proporciona soporte a nuevas incorporaciones, como la ventilación mecánica o el estudio de los trastornos respiratorios del sueño.

Desarrollada en el siglo XX, la exploración funcional respiratoria del siglo XXI necesariamente tendrá matices diferenciales. Los avances tecnológicos alcanzados por el desarrollo de la electrónica y de la informática han originado notables cambios en los estudios de función pulmonar. Baste pensar en lo que supuso la sustitución de los clásicos espirómetros de campana o de fuelle por equipos capaces de medir gradientes de presiones o integrar flujos. Por otra parte, la conversión de señales analógicas en digitales, con una adecuada frecuencia de muestreo, ha cambiado la forma de procesar muchos parámetros funcionales, permitiendo incluso la definición de nuevas variables. Las ventajas derivadas de la incorporación de estos avances técnicos resultan incuestionables. Han mejorado la rapidez de los resultados y la precisión de los cálculos, se han simplificado algunas maniobras y, en general, los resultados han ganado en consistencia. Además, resulta posible utilizar ecuaciones complejas de valores de referencia e, incluso, automatizar parcialmente la interpretación de los resultados⁽³⁾.

Estos avances han tenido otras consecuencias. El aspecto de los laboratorios de función pulmonar se ha modificado de forma muy importante, convirtiéndolos en un entorno menos hostil para el enfermo y permitiendo su integración en otras estructuras asistenciales. Pero lo más importante han sido los cambios de actitud. La simplificación de los procedimientos de medida y de análisis, ha permitido obtener medidas más rápidas, en tiempo real, que facilitan la toma de decisiones ante el paciente. En definitiva, es posible estudiar la función mirando al paciente y evitar encerrarse en cálculos y determinaciones alejadas del interés y relevancia clínica.

Aunque inevitables, este desarrollo tecnológico ha supuesto el abandono de algunos hábitos o actitudes que no deberían olvidarse por completo. No se debe infravalorar el papel docente que tenían los “viejos cacharros”, en cuanto permitían una participación más activa en el proceso de registro, medida y análisis. Por

otra parte, conviene mantenerse alerta ante los posibles peligros de los “números mágicos” proporcionados por equipos automatizados^(3,4): olvidar las condiciones de la medida, no considerar sus determinantes ni tener en cuenta los factores que influyen y originan errores, no valorar la incertidumbre de cualquier proceso de medida e incluso cambiar la variabilidad del observador por la del ingeniero del *software*. Por todo ello, es fundamental no olvidar qué representa cada número⁽⁴⁾.

Además, el estudio de la función pulmonar se ha trasladado fuera de los laboratorios. La tecnología se ha simplificado enormemente (los espirómetros son cada vez más sencillos, manejables y portátiles), la informática posibilita la comunicación de datos a grandes distancias y, además, los resultados son obtenidos de forma instantánea. El desarrollo de instrumentos de medida cada vez más sencillos y fáciles de manejar, así como la reducción de costes de tiempo y personal, ha aumentado la disponibilidad de equipos y favorecido la generalización de los estudios de función pulmonar. La conexión telemática de señales que han sido obtenidas en forma digital, su interpretación o en muchos casos una mera comprobación y control de calidad, son elementos que ya pueden realizarse en la actualidad. Los resultados pueden así, ser transmitidos *on line* al propio lugar de toma de decisiones clínicas, donde el estudio de función pulmonar será tenido en cuenta.

En definitiva, la exploración funcional respiratoria puede llevarse a cabo en otros muchos entornos, fuera del laboratorio, en la cabecera del paciente o en su propio domicilio, si fuera necesario. La consulta preoperatoria en un nonagenario con fractura de fémur, el estudio de la fuerza muscular respiratoria en un paciente que va a ser desconectado del ventilador, la evaluación del grado de inflamación en un paciente asmático o la determinación de la capacidad de difusión de CO en un paciente previo al trasplante de médula ósea son ejemplos de la práctica diaria que invitan, si es posible, al estudio en la propia cabecera

del paciente. El seguimiento de un asmático mediante un espirómetro conectado a un microprocesador y a un teléfono, la señal de agravamiento de un paciente con EPOC, el control de la fuerza muscular o la capacidad tusígena de un enfermo neuromuscular son ejemplos de posibilidad real de control domiciliario de la función pulmonar.

Pero el análisis de la función respiratoria no sólo se ha trasladado fuera del laboratorio, sino también fuera de la esfera de la neumología lo que, en cierto modo, resulta necesario si se pretenden explotar todas las posibilidades clínicas que ofrece. Este nuevo escenario obliga a prestarle más atención a la calidad de las determinaciones y, por ende, a la utilidad de lo que se mide. En caso contrario, se caería en la banalización de la función pulmonar, que conduce a su inutilidad.

Con todos los cambios experimentados, la exploración funcional respiratoria del siglo XXI tiene frente a sí importantes retos, algunos son problemas clásicos todavía no resueltos y otros son cuestiones más recientes que precisarán algún tipo de adaptación.

Resulta imprescindible potenciar la implantación del estudio de la función pulmonar. La espirometría es un procedimiento diagnóstico infrautilizado, incluso en el entorno de la neumología, pero claramente en el ámbito de la atención primaria. Ello explica, entre otras circunstancias, el dramático infradiagnóstico de la EPOC, que en nuestro medio se mantiene en casi un 75% de los enfermos⁽⁵⁾. Al margen de consideraciones de salud pública o clínicas, por el deterioro de la calidad de vida relacionada con la salud que ya experimentan los enfermos no diagnosticados, la realidad muestra que es urgente potenciar el acceso a la espirometría en atención primaria. Esta circunstancia plantea otras demandas, como la necesaria simplificación de los equipos y el desarrollo de sistemas de monitorización y de control suficientemente robustos, sencillos y que garanticen la realización de exploraciones de calidad. Además, tampoco está universalmente resuelta la integración de los equipos

de exploración funcional respiratoria en los sistemas de historia electrónica y la completa adaptación de sus bases de datos a los requerimientos de la legislación sobre protección de datos.

Es preciso lograr una mayor expansión de la exploración funcional respiratoria fuera del ámbito de la neumología. Resulta obvio que es una parte esencial en la evaluación de las enfermedades respiratorias, pero es necesario destacar su relevancia en otros trastornos. Así, por ejemplo, en los últimos años se han descrito diversas e importantes aplicaciones de la espirometría fuera del campo del sistema respiratorio. Se ha demostrado que puede predecir la muerte de origen cardíaco o cerebrovascular^(6,7). Resulta conocido que una espirometría anormal supone un riesgo cuatro a seis veces mayor de padecer cáncer de pulmón con respecto a sujetos con espirometría normal^(8,9). La función pulmonar anormal, estimada mediante la espirometría, también se relaciona con muerte de cualquier origen^(10,12). Por último, se ha descrito que la espirometría puede tener capacidad de predicción del deterioro de la función mental en los últimos años de la vida⁽¹³⁾. En definitiva, parece deseable que en los próximos años se consiga la incorporación de la función pulmonar al estudio de pacientes con enfermedades cardíacas, endocrino-metabólicas, renales o neurológicas, entre otras.

En las últimas décadas, hemos tenido la fortuna de contar con las aportaciones de nuevas áreas del conocimiento al campo de la biomedicina. La inmunología, la biología molecular o la genética están mejorando nuestro conocimiento de las enfermedades respiratorias y constituyen un importante foco de atracción en nuestro campo. Sin embargo, en este punto es imprescindible destacar que la fisiología aplicada y la fisiopatología no se limitan al estudio clásico de la función “macroscópica”, sino que se adentran en la función-disfunción tisular, celular, molecular o génica⁽¹⁴⁾. Cada vez más, los laboratorios de función pulmonar deben adaptar una buena parte de su actividad

a esta nueva forma del estudio funcional respiratorio, así como seguir la progresión de los nuevos instrumentos capaces de monitorizar señales biológicas, como la inflamación, de forma telemática. Frente a la dicotomía cada vez más acusada e indeseable de la ciencia “básica” frente a la ciencia “clínica”, como dos disciplinas recíprocamente ininteligibles, carentes de puentes de comunicación y de objetivos comunes, el estudio de la función respiratoria constituye un verdadero nexo para la integración de conocimientos y la traslación de la ciencia. En el momento actual más que nunca, la fisiología aplicada y la fisiopatología suponen un fantástico y robusto soporte para trasladar los conocimientos más básicos hacia el campo clínico y potenciar sus posibilidades de innovación y desarrollo.

Precisamente, la integración de la exploración funcional respiratoria en la práctica clínica cotidiana y su fortalecimiento como instrumento para la toma de decisiones supone otro de los grandes retos a afrontar. Es obvio que las pruebas funcionales o biológicas que van a realizarse deben ser elegidas en función de la finalidad prevista. Si se trata de confirmar un diagnóstico, evaluar el seguimiento, cuantificar el cambio inducido por un tratamiento, efectuar un pronóstico más preciso, etc., será necesario hacer una selección de las pruebas y del orden en el que deberán realizarse. Pero, además, es imprescindible acotar los parámetros proporcionados por la exploración funcional respiratoria, seleccionando de forma más estricta aquellos que tengan relevancia clínica o pronóstica y que permitan ser utilizados en la toma de decisiones clínicas, como elementos imprescindibles de algoritmos diagnósticos o terapéuticos. Muchos de los parámetros funcionales tradicionales no cumplen estos criterios, por lo que quizá resulten prescindibles. Por el contrario, necesitamos la incorporación de otros parámetros y la adaptación a nuevas variables y formas de entender las enfermedades respiratorias. Pero, sobre todo, cada vez es más necesario un análisis de la exploración funcional respiratoria basado en el grado de

evidencia que proporciona para recomendar ciertas actuaciones⁽¹⁵⁾.

Inevitablemente, estamos abocados a una exploración funcional respiratoria más personalizada, en la que se tenga en consideración una mejor adaptación a las características de cada población (edad, etnia, movimientos migratorios)⁽¹⁶⁾, una interpretación basada en criterios metodológicamente más adecuados (límite inferior de la normalidad o percentiles) y un análisis más individualizado, con seguimiento de los parámetros propios de cada sujeto, en el que predomine la evaluación longitudinal sobre la transversal.

En definitiva, la exploración funcional respiratoria, sustento y parte esencial de la neumología, está más vigente que nunca. Se encuentra completamente inmersa en los cambios que debe experimentar la medicina respiratoria en el nuevo siglo y tiene ante sí importantes retos por superar. Constituye un elemento esencial para confirmar el diagnóstico, evaluar la gravedad, valorar la respuesta al tratamiento y realizar el seguimiento de pacientes con enfermedades respiratorias. Además, su integración con las nuevas áreas de conocimiento potenciará todavía más su importancia en las próximas décadas.

Bajo estas consideraciones, el objetivo de esta monografía de la Sociedad Madrileña de Neumología y Cirugía Torácica (NEUMOMADRID) es proporcionar un documento actualizado en el se revisen de forma sucinta las pruebas de función pulmonar más habituales. La necesaria limitación de este texto no permite ofrecer un exhaustivo estado del arte de toda la función pulmonar, pero sí esperamos proporcionar un documento ágil y práctico, que sirva como introducción a la exploración de los procesos fisiopatológicos que subyacen en la mayoría de las enfermedades respiratorias.

En los siguientes capítulos, se revisa la espirometría, la medida de los volúmenes pulmonares estáticos y de la capacidad de difusión, la valoración del intercambio gaseoso, la determinación de las resistencias por oscilación forzada, la provocación bronquial inespecífi-

ca, la medición del óxido nítrico exhalado, la evaluación de los músculos respiratorios, las pruebas de ejercicio simples, la prueba de ejercicio cardio-respiratorio progresiva y el análisis de la función pulmonar en niños. En todos los casos, se intentarán describir sus principios fisiológicos, así como los fundamentos técnicos de cada prueba. Se describirán los procedimientos, los parámetros obtenidos y su interpretación, destacando la relevancia clínica de la exploración.

Esperamos que el texto alcance los objetivos planteados y que resulte de utilidad para los lectores. Somos conscientes del esfuerzo y dedicación de todos los autores, a los que agradecemos su entusiasta colaboración, lo que para nosotros supone una garantía del resultado alcanzado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Petty TL. John Hutchinson's mysterious machine revisited. *Chest*. 2002; 121 (Suppl. 5): 219S-23S.
2. Kannel WB, Lew EA, Hubert HB, et al. The value of measuring vital capacity for prognostic purposes. *Trans Assoc Life Insur Med Dir Am*. 1980; 64: 66-83.
3. Komaroff AL. Algorithms and the art of medicine. *Am J Pub Health*. 1982; 72: 10-2.
4. Blois MS. Clinical judgement and computers. *N Engl J Med*. 1980; 303: 192-7.
5. Miravittles M, Soriano JB, García-Río F, et al. Prevalence of COPD in Spain: impact of undiagnosed COPD on quality of life and daily life activities. *Thorax*. 2009; 64: 863-8.
6. Marcus EB, Curb JD, MacLean CJ, et al. Pulmonary function as a predictor of coronary heart disease. *Am J Epidemiol*. 1989; 129: 97-104.
7. Friedman GD, Klatsky AL, Siegelaub AB. Lung function and risk of myocardial infarction and sudden cardiac death. *N Engl J Med*. 1976; 294: 1071-5.
8. Tockman MS, Anthonisen NR, Wright EC, et al. Airways obstruction and the risk for lung cancer. *Ann Intern Med*. 1987; 106: 512-8.
9. Skillrud DM, Offord KP, Miller RD. Higher risk of lung cancer in chronic obstructive pulmonary disease: a prospective, matched, controlled study. *Ann Intern Med*. 1986; 105: 503-27.

10. Hole DJ, Watt GC, Davey-Smith G, et al. Impaired lung function and mortality risk in men and women: findings from the Renfrew and Paisley prospective populations study. *BMJ*. 1996; 313: 711-5.
11. Neas LM, Schwartz J. Pulmonary function levels as predictors of mortality in a national sample of US adults. *Am J Epidemiol*. 1998; 147: 1011-8.
12. Schunemann HJ, Dorn J, Grant BJB, et al. Pulmonary function is a long-term predictor of mortality in the general population: 29-year follow-up of the Buffalo Health Study. *Chest*. 2000; 118: 656-64.
13. Chyou PH, White LR, Yano K, et al. Pulmonary function measures as predictors and correlates of cognitive functioning in later life. *Am J Epidemiol*. 1996; 143: 750-6.
14. Casan P, García Río F, Gea J. *Fisiología y biología respiratorias*. Madrid: Ergon; 2007.
15. ERS Task Force, Palange P, Ward SA, Carlsen KH, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J*. 2007; 29: 185-209.
16. García-Río F, Dorgham A, Pino JM, et al. Lung volume reference values for women and men 65 to 85 years of age. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009; 180: 1083-91.