

# DETERMINACION DE LA CAPACIDAD RESIDUAL FUNCIONAL CON TRES METODOS DE DILUCION

---

J.M. RAURICH PUIGDEVALL y J. IBAÑEZ JUVE

Servicio de Medicina Intensiva C.S. de la S.S. «Virgen de Lluch»  
Palma de Mallorca.

Se midieron los volúmenes pulmonares en 15 sujetos sanos mediante tres métodos distintos de dilución. Los resultados obtenidos demuestran que son idénticos los valores de capacidad residual funcional medidos con cualquiera de los tres métodos empleados. Sin embargo el método del lavado único de nitrógeno permite obtener información adicional como es el valor del volumen de cierre y la pendiente de la fase III.

Measurement of functional residual capacity with three dilution methods

Pulmonary volumes were measured in 15 healthy individuals by means of three different dilution methods. Results showed that values of functional residual capacity were identical with any of the three methods. However, the single nitrogen washout method allowed additional information, such as the value of the closing volume and the slope of phase III, to be measured.

---

## Introducción

El volumen total de gas en el tórax se puede medir con la pletismografía corporal, pero en la práctica clínica y especialmente en pacientes encamados se suelen emplear los métodos que miden el volumen de gas que comunica con la vía aérea durante la prueba de medición. Los dos métodos de dilución más empleados para medir el volumen pulmonar son el método cerrado de dilución de helio (Hem) y el método del lavado múltiple de nitrógeno en circuito abierto (NWm). Es posible determinar también el volumen pulmonar con el lavado único de nitrógeno (NWs) mediante la prueba realizada para obtener el volumen de cierre<sup>1</sup>.

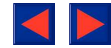
Varios estudios muestran buena correlación entre los volúmenes pulmonares medidos por pletismografía corporal y los obtenidos con cada uno de los métodos de dilución citados<sup>2-4</sup>. De los tres métodos de dilución, el lavado de N<sub>2</sub> con una respiración es el más rápido. Proporciona, además, una mayor información ya que permite medir el volumen de cierre, el espacio muerto anatómico y la pendiente de la fase III. El propósito de este trabajo ha sido comparar la determinación de la FRC (capacidad residual funcional) en individuos sanos con los tres métodos citados: Hem, NWm y NWs.

## Material y métodos

Se estudiaron 15 sujetos voluntarios sanos, de los cuales ocho eran mujeres. Seis era fumadores habituales pero no manifestaron signos de tos y expectoración frecuentes.

---

Recibido el 13-10-1982.  
Aceptado el 5-7-1983.



Se midió la FRC con el método cerrado de helio según la técnica descrita previamente<sup>5</sup>. Para determinar la FRC con el lavado múltiple de nitrógeno y el NWs se utilizó un sistema computarizado de función pulmonar (HP-47804A) que consta de un analizador de nitrógeno (HP-47302A), un transductor de flujo (HP-47304A), un convertidor analógico digital, un calculador y una impresora. La señal de flujo es integrada electrónicamente para obtener el volumen. Para medir la FRC con el NWm el sujeto es conectado al sistema automático mediante una boquilla y con la nariz ocluida con una pinza. Al final de una espiración y después de respirar aire ambiente se empieza a respirar O<sub>2</sub> al 100 % hasta alcanzar una concentración alveolar de nitrógeno menor del 1 %. Durante el período de medición el calculador corrige continuamente la influencia que la variación de viscosidad podría tener sobre el pneumotac. El volumen pulmonar es medido directamente en condiciones BTPS.

Para medir la FRC con el NWs el sujeto después de realizar una espiración profunda hasta el volumen residual inspira O<sub>2</sub> 100 % hasta la capacidad pulmonar total y luego hace una espiración máxima hasta alcanzar de nuevo el volumen residual (RV). Tanto la inspiración como la espiración se hacen con flujos entre 0,3 y 0,5 l/s.

Todas las pruebas de FRC se hicieron por duplicado, excepto con el NWs que se practicaron de tres a cinco escogiéndose un mínimo de dos pruebas consideradas como satisfactorias<sup>6</sup>. Las mediciones de FRC practicadas en un mismo sujeto en posición sentado y en decúbito supino se realizaron en días distintos. La comparación de los resultados obtenidos, expresados como la media y su SD, se realizó con el análisis de la varianza, con el test de la t de Student y el análisis de la regresión lineal.

## Resultados

La edad media de los sujetos estudiados fue de 27 años con límites entre 21 y 32 años. La talla media fue de 167 ± 9 cm y el peso fue de 60 ± 10 kg. En la tabla I se resumen los resultados obtenidos al medir los volúmenes pulmonares con los tres métodos, observándose que no había diferencias significativas al medir la FRC con los tres métodos y en las dos posiciones citadas, empleando como prueba estadística el análisis de la varianza. Los coeficientes de correlación obtenidos comparando los tres métodos al medir la FRC oscilaron entre 0,987 y 0,962, siendo todos estadísticamente muy significativos (p < 0,01). No hubo diferencias en el valor del RV obtenido con ambos métodos.

La reproducibilidad de los tres métodos al medir la FRC se resume en la tabla II y se obtuvo midiendo 30 determinaciones por duplicado con cada método, no apreciándose diferencias entre ellos, si bien la menor variación se consiguió con el HEM ya que presentó la menor SD. En la tabla III se reflejan los distintos valores que se midieron a partir de la maniobra del volumen de cierre, siendo todos ellos normales.

## Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten afirmar que en sujetos sanos no hay diferencias significativas en la medición de la capacidad residual funcional por cualquiera de los tres métodos de dilución descritos. La reproducibilidad de los métodos empleados es prácticamente idéntica, lo cual es probable que se deba al hecho de que todos

TABLA I

### Volúmenes pulmonares obtenidos con los tres métodos

	FRC	TLC	RV
Posición sentado			
Hem	2,94 ± 0,82	5,55 ± 1,37	1,25 ± 0,51
NWs	2,81 ± 0,81	5,11 ± 1,48	0,99 ± 0,40
NWm	2,79 ± 0,88	—	—
Posición supino			
Hem	2,13 ± 0,58	5,32 ± 1,47	1,19 ± 0,49
NWs	2,07 ± 0,62	4,90 ± 1,46	1,02 ± 0,41
NWm	2,09 ± 0,54	—	—

FRC: capacidad residual funcional; TLC: capacidad pulmonar total; RV: volumen residual.

TABLA II

### Reproducibilidad de los tres métodos expresada en ml

Hem	14 ± 73
NWs	14 ± 90
NWm	17 ± 124

TABLA III

### Valores normales obtenidos con el NWs

CV	Δ N <sub>2</sub>	ADS
Posición sentado		
0,095 ± 0,15	0,66 ± 0,33	169 ± 21
Posición supino		
0,105 ± 0,14	0,87 ± 0,30	148 ± 28

CV: volumen de cierre en L; Δ N<sub>2</sub>: pendiente de la fase III (%N<sub>2</sub> por L); ADS: espacio muerto anatómico en ml.

los datos proceden de una muestra bastante homogénea de sujetos que no padecían alteraciones respiratorias. El grado de correlación obtenido con el NWm y el HEM al medir la FRC es muy elevado y semejante al obtenido por otros autores<sup>7,8</sup> y coincide también con los resultados obtenidos con estos dos métodos al medir la FRC de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda tratados con ventilación mecánica<sup>9</sup>. Las causas de error más frecuentes que pueden producirse en la medición de la FRC con los métodos de dilución han sido ampliamente discutidas por varios autores<sup>7,8,10,11</sup>, debiendo destacar desde un punto de vista práctico la importancia de la conexión justo al final de la espiración.

El empleo del lavado de N<sub>2</sub> con una respiración en sujetos sanos permite medir prácticamente la misma FRC que con los otros dos métodos, sin embargo de nuestra experiencia con sujetos sanos y con enfermos afectados de infarto agudo de miocardio nos parece que se trata de una prueba de más difícil

utilización en la exploración de enfermos agudos, debido al mayor grado de colaboración y comprensión que precisa por parte del sujeto explorado. La TLC medida con el NWs fue menor en un 8 % que la TLC medida con el Hem, sin embargo es un resultado similar al encontrado por otros autores y considerado como válido para explorar enfermos agudos<sup>12</sup>. Probablemente la información más interesante contenida en la maniobra del volumen de cierre reside en la pendiente de la fase III para lo cual no es necesario practicar una espiración tan profunda y para medir la FRC sea más fácil el empleo del lavado múltiple con nitrógeno o bien el método de dilución de helio en circuito cerrado.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Buist AS, Ross BB: Predicted values for closing volume using a modified single breath nitrogen test. *Am Rev Respir Dis* 1973; 107:744-745.
2. DuBois AB, Botelho SY, Bedell GN, Marshall R, Comroe JH Jr: A rapid plethysmographic method for measuring thoracic gas volume: a comparison with a nitrogen washout method for measuring functional residual capacity in normal subjects. *J Clin Invest* 1956; 35:322-326.
3. Tierney DF, Nadel J: Concurrent measurements of functional residual capacity by three methods. *J Apply Physiol* 1962; 17:871-873.
4. Rodarte JR, Hyatt RE, Westbrook PR: Determination of lung volume by single and multiple breath nitrogen washout. *Am Rev Respir Dis* 1976; 114:131-135.
5. Ibáñez Juvé J, García Moris S, Marsé Millá M, Abizanda Campos R, Fiol Sala M, Abadal Centellas JM: Diferencias en la función pulmonar de sujetos sanos secundarias al cambio postural. *Med Clin (Barcelona)* 1979; 73:149-152.
6. Standardized procedures for closing volume determinations (nitrogen method). Division of lung diseases, National Heart and Lung Institute, 1973.
7. Gilson JC, Hugh-Jones P: The measurement of the total lung volume and breathing capacity. *Clin Sci* 1949; 7:185-187.
8. Motley HL: Comparison of a simple helium closed with the oxygen open circuit method for measuring residual air. *Am Rev Tuberc* 1957; 76:601-604.
9. Ibáñez J, Raurich JM, Moris SG: Measurement of functional residual capacity during mechanical ventilation. Comparison of a computerized multiple nitrogen washout with the closed helium dilution method. *Crit Care Med* 1981; 9:177-180.
10. Meneely GR, Kaltreider NL: The volume of the lung determined by helium dilution. Description of the method and comparison with other procedures. *J Clin Invest* 1949; 28:129.
11. Wilmore JH: A simplified method for determination of residual lung volumes. *J Apply Physiol* 1969; 27:96-100.
12. Demedts M, Sniderman A, Utz G, Palmer WH, Becklake MR: Lung volumes including closing volume and arterial blood gases measurements in acute ischaemic left heart failure. *Bull Physiopath Resp* 1974; 10:11-17.