

INFLUENCIA DEL VOLUMEN PULMONAR Y DE LA POSICIÓN CORPORAL EN LAS PRESIONES RESPIRATORIAS ESTÁTICAS MÁXIMAS

M. Mayos*, P. Casan, J. Giner y J. Sanchis

Unitat de Funció Pulmonar.
Hospital de la Sta Creu i de Sant Pau. Barcelona.

Para valorar la influencia del volumen pulmonar y de la posición corporal en la determinación de las presiones respiratorias estáticas máximas (P_1 max, P_E max), se estudió un grupo de 30 voluntarios sanos con función pulmonar normal. La P_1 max se midió desde el volumen residual (RV) y la capacidad residual funcional (FRC) y la P_E max desde la capacidad pulmonar total (TLC) y FRC. Todas las mediciones se efectuaron en posición sentada y en decúbito supino, en orden aleatorio.

Las determinaciones en posición sentada fueron significativamente superiores a las del decúbito ($p < 0,05$). La P_1 maxRV y FRC en decúbito correspondieron a un 87(12) % y 92(17) % de los valores respectivos obtenidos en posición sentada. Las P_E maxTLC y FRC en decúbito fueron de 93(15) % y 92(19) % de las respectivas en posición sentada. La P_1 maxRV fue superior ($p < 0,05$) a la P_1 maxFRC sólo en posición sentada, mientras que la P_E maxTLC fue superior ($p < 0,05$) a la P_E maxFRC en ambas posiciones. Así pues, las posiciones y los volúmenes estudiados influyen significativamente en la determinación de las presiones respiratorias estáticas máximas, por lo que ambos factores deben tenerse en cuenta para la correcta interpretación de los resultados.

Arch Bronconeumol 1991; 27:54-57

Influence of pulmonary volume and corporeal position in maximal static respiratory pressures.

To evaluate the influence of pulmonary volumen and position of the body on measurement of maximal static respiratory pressures (P_1 Max, P_E max), a group of 30 healthy persons with otherwise normal pulmonary function were included in this study. P_1 max was measured from the residual volume (RV) and functional residual capacity (FRC) P_E max was determined from the total pulmonary capacity (TPC) and FRC. All measurements were made in sitting and in recumbent positions following a randomized order. Values obtained in sitting position were significantly higher than those observed in recumbent position ($p < 0.05$). P_1 max and FRC in recumbent position were 87 % (12 cases) and 92 % (19 cases) of the values observed in the sitting position. P_1 max RV was higher ($p < 0.05$) than P_1 max FRC only in the sitting position, whereas that P_E max TPC was higher ($p < 0.05$) than P_E max FRC in both situations. Therefore, corporeal position and pulmonary volumes influence significantly the measurement of maximal static pulmonary pressures. Both conditions should be taken into consideration when interpreting the results of those tests.

Introducción

La medición en la boca de las presiones respiratorias estáticas máximas (P_1 max y P_E max) generadas al respirar contra una oclusión, permite valorar la fuerza muscular respiratoria¹.

El volumen pulmonar es uno de los determinantes principales de la longitud de los músculos respiratorios, factor que a su vez condiciona la capacidad para generar presión². El nivel de volumen desde el que se realiza la determinación de la P_1 max y P_E max puede pues modificar los resultados. La medición suele realizarse desde volúmenes extremos, la P_1 max a partir del

volumen residual (RV) y la P_E max desde la capacidad pulmonar total (TLC)¹. Algunos autores, sin embargo, prefieren medir desde la capacidad residual funcional (FRC)³⁻⁵, ya que en este volumen la presión de retracción elástica del pulmón es cero y, además, la medición puede ser más fácil, especialmente en aquellos enfermos con problemas de colaboración o en situaciones particulares como el ejercicio. Otro factor importante es la postura corporal, pues produce cambios significativos en la configuración de la caja torácica, junto a modificaciones en el volumen pulmonar, y en la longitud y disposición de los músculos respiratorios⁶. Las presiones respiratorias estáticas máximas pueden obtenerse fácilmente junto a la cabecera del enfermo, dependiendo del estado clínico y de su patología de base. Es pertinente, por tanto, conocer las diferencias que la posición comporta en cuanto a la medición de las presiones.

* Beca Formació d'Investigadors 1990. Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya.

Recibido el 10.5.1990 y aceptado el 23.7.1990.



El objetivo de nuestro estudio fue evaluar la influencia del volumen pulmonar y de la posición corporal en la determinación de las presiones respiratorias estáticas máximas. En concreto, estudiar en un grupo de personas sanas las diferencias entre las presiones obtenidas en volúmenes extremos y a nivel de FRC, y el efecto que produce el cambio de la posición sentada al decúbito supino.

Sujetos, material y método

Se estudiaron 30 voluntarios sanos (15 hombres), no fumadores y sin antecedentes conocidos de enfermedad cardiorrespiratoria, neuromuscular o metabólica. Se les requirió también el desconocimiento previo de la técnica en estudio, una correcta colaboración y la comprensión de las maniobras exigidas. El estudio previo incluyó una espirometría forzada, ventilación voluntaria máxima, capacidad vital no forzada y volúmenes pulmonares estáticos, todos ellos efectuados de acuerdo con las técnicas convencionales^{7, 8}.

La medición de las presiones respiratorias estáticas máximas se realizó según el método de Black y Hyatt⁹, con un manómetro modelo Sibelmed-163¹⁰. Para comprobar la corrección de las maniobras, el manómetro se conectó a un registrador gráfico tipo HP-7041-A. Se usó una boquilla semirrígida de arandela ancha, conectada mediante llave en t (Collins-11B) de tres vías a un espirómetro de agua (Godard, 13L). Cerca de la boca se intercaló un orificio de 1 mm de diámetro y 15 mm de largo abierto a la atmósfera¹.

Las maniobras se realizaron con la nariz ocluida por pinzas y las manos del sujeto apretando las mejillas para evitar el artefacto generado por la contracción de los músculos bucinadores. La $P_{1\text{máx}}$ se midió desde RV y FRC, y la $P_{E\text{máx}}$ desde TLC y FRC, según orden aleatorio. Todas las maniobras se efectuaron en posición sentada y en decúbito supino, también de forma aleatoria. Entre cada posición se permitió un descanso de 15 minutos. Se efectuó un mínimo de 5 determinaciones correctas en cada posición y volumen, exigiendo 3 con una diferencia igual o inferior al 5%. Se eligió siempre la máxima presión generada tras el primer segundo, tanto para la $P_{1\text{máx}}$ como para la $P_{E\text{máx}}$. Se vigiló en todo momento la corrección de las maniobras, controlando las posibles fugas de aire y la colocación de las manos en las mejillas. De forma rutinaria se preguntó al enfermo si creía haber realizado el máximo esfuerzo posible.

En el análisis estadístico de las diferencias se utilizó una prueba de t para datos apareados, aplicando la corrección de Bonferroni para el número de pruebas realizadas¹¹.

Resultados

La edad media del grupo fue de 29 años y las edades extremas de 19 y 51 años. En la tabla I se resumen las características antropométricas y funcionales de grupo.

Los valores promedio de las presiones respiratorias estáticas máximas obtenidos en las posiciones sentada y decúbito, y en los diferentes volúmenes pulmonares se recogen en la tabla II. Todas las determinaciones en posición sentada fueron significativamente superiores a las del decúbito. La $P_{1\text{máxRV}}$ y FRC en decúbito correspondieron a un 87(12) % y 92(17) % de los valores respectivos obtenidos en posición sentada. Los porcentajes de $P_{E\text{máxTLC}}$ y FRC en decúbito con relación a la posición sentada fueron de 93(15) % y 92(19) % respectivamente.

La $P_{1\text{máxRV}}$ fue superior ($p < 0,05$) a la $P_{1\text{máxFRC}}$ sólo en posición sentada. En esta posición, la $P_{1\text{máxFRC}}$ correspondió a un 91(10) % de la $P_{1\text{máxRV}}$, mientras que en decúbito supino representó el 97(15) %, diferencia no significativa. La $P_{E\text{máxTLC}}$

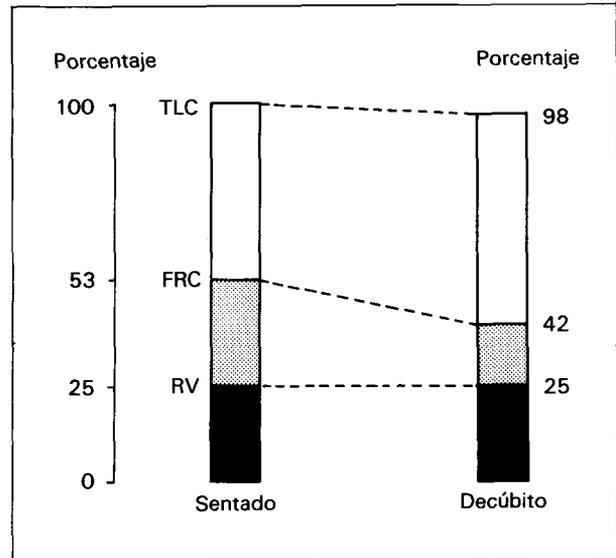


Fig. 1. Cambios del volumen pulmonar debidos a la posición. Basada en los datos de la referencia 15.

fue superior a la $P_{E\text{máxFRC}}$ ($p < 0,05$) en ambas posiciones. La $P_{E\text{máxFRC}}$ en posición sentada alcanzó un 71(12) % de la $P_{E\text{máxTLC}}$ y un 70(17) % de la del decúbito supino. El coeficiente de variación intraindividual de las diferentes maniobras en posición sentada fue del 10 % para la $P_{1\text{máxRV}}$ y del 9 % para la $P_{1\text{máxFRC}}$. Para la $P_{E\text{máxTLC}}$ fue del 13 % y en la $P_{E\text{máxFRC}}$ del 11 %.

TABLA I
Características antropométricas y de función pulmonar del grupo estudiado

	Hombres \bar{X} (DE)	% v. ref	Mujeres \bar{X} (DE)	% v. ref
Talla (cm)	169(8)		160(3)	
Peso (kg)	74(9)		55(4)	
FVC (l)	5,4(.5)	104(6)	3,6(.3)	97(10)
FEV ₁ (l)	4,5(.5)	107(10)	3,1(.3)	102(8)
MMV (l/min)	173(24)	101(16)	113(21)	106(15)
RV (l)	1,2(.35)	79(23)	1,1(.3)	75(19)
TLC (l)	6,7(.8)	105(9)	4,8(.5)	95(9)

Datos representados por su media y desviación estándar. Los valores de referencia corresponden a las citas 7 y 8.

TABLA II
Presiones respiratorias máximas registradas en dos posiciones y en dos volúmenes diferentes

	Sentado		Decúbito
$P_{1\text{máxRV}}$ (cm H ₂ O)	101(38)	*	88(39)
	+		
$P_{1\text{máxFRC}}$ (cm H ₂ O)	92(32)	*	85(33)
$P_{E\text{máxTLC}}$ (cm H ₂ O)	157(44)	*	146(55)
	+		+
$P_{E\text{máxFRC}}$ (cm H ₂ O)	111(33)	*	102(42)

* $p < 0,05$ entre posiciones; + $p < 0,05$ entre volúmenes.

Valor de p corregido para comparaciones múltiples.

Datos representados por su valor promedio; las cifras entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.



La determinación en las diversas circunstancias mencionadas fue bien tolerada por los sujetos, que refirieron mínimos efectos indeseables. Seis presentaron molestias inespecíficas en los oídos al realizar la $P_{E\max}$ y uno de ellos, una contractura de la musculatura cervical durante varias horas después del estudio.

Discusión

Diversos autores han comprobado la estrecha relación entre el volumen pulmonar y las presiones respiratorias estáticas máximas^{12,13}. Según Ringqvist¹⁴, la presión espiratoria máxima se obtiene con volumen pulmonar cercano al 70 % de TLC y la presión inspiratoria máxima alrededor del 40 % de TLC. La presión espiratoria es pues máxima cuando el tórax está insuflado, mientras que la presión inspiratoria es máxima cuando está desinsuflado. Este comportamiento depende fundamentalmente de la relación fuerza-longitud muscular. Con el volumen pulmonar, la longitud de los músculos espiratorios aumenta, con lo que es mayor también su fuerza de contracción, mientras que en los músculos inspiratorios ocurre lo contrario, especialmente en el diafragma. Así, en niveles cercanos a TLC, los mayores aumentos de volumen pueden hacer que dicho músculo se comporte como espiratorio.

En nuestro estudio, la $P_{E\max}$ a nivel de TLC fue significativamente superior a la $P_{E\max}$ FRC, tanto en posición sentada como en decúbito supino, y la $P_{I\max}$ RV fue significativamente superior a la $P_{I\max}$ FRC sólo en posición sentada. En esta posición, la FRC corresponde aproximadamente a un 53 % de la TLC¹⁵. Según los datos de Ringqvist¹⁴, si la presión espiratoria es máxima cuando el volumen está cercano al 70 % de la TLC y la presión inspiratoria lo es al 40 % de la TLC, las diferencias halladas son fácilmente explicables y también lo es el que éstas sean porcentualmente superiores en el caso de la $P_{E\max}$. La $P_{E\max}$ FRC en posición sentada corresponde tan sólo a un 71 (12) % de la $P_{E\max}$ TLC, mientras que la $P_{I\max}$ FRC corresponde a un 92 (10) % de la $P_{I\max}$ RV.

Black y Hyatt⁹ sugieren que la medición de las presiones respiratorias máximas es más reproducible a volúmenes extremos. Sin embargo, en nuestra serie los coeficientes de variación de las diferentes maniobras fueron muy similares en los dos volúmenes estudiados, tanto para la $P_{I\max}$ como para la $P_{E\max}$. Los valores son además totalmente comparables a los obtenidos por otros autores^{9,16,17}.

Al pasar de la posición sentada a la de decúbito, los cambios en la configuración torácica condicionan una disminución de la FRC a expensas del volumen de reserva espiratorio (ERV), sin que prácticamente se modifiquen la TLC y el RV. En esta posición, la FRC corresponde aproximadamente a un 42 % de la TLC¹⁵. Los cambios de volumen inducidos al pasar de sentado a decúbito se reflejan en la figura 1. Estos cambios de volumen pueden explicar la ausencia de diferencias entre la $P_{I\max}$ RV y la $P_{I\max}$ FRC cuando se deter-

minan en decúbito supino y que, por contra, se mantengan las diferencias en la $P_{E\max}$.

Se han publicado escasos trabajos sobre la influencia del cambio postural en las presiones respiratorias máximas. Fiz et al¹⁸ no hallaron diferencias entre la bipedestación y la posición sentada¹⁸. Hyatt, en diez individuos sanos, tampoco encontró diferencias significativas en la $P_{E\max}$ TLC y $P_{I\max}$ RV obtenidas en posición sentada y en supino⁶. Goldstone et al¹⁹ estudiaron la influencia de diferentes posiciones, bipedestación, sentada, semi-supino y supino. Encontraron diferencias significativas entre la posición sentada y el decúbito. Nuestras determinaciones a volúmenes extremos son similares a las de Goldstone et al¹⁹, con todas las determinaciones en posición sentada significativamente superiores a las del decúbito.

Las modificaciones de volumen producidas con el cambio posicional no parecen explicar por sí solas las diferencias en las presiones máximas. Así, mientras que el RV permanece constante en ambas posiciones, la $P_{I\max}$ RV en decúbito corresponde a un 87 (12) % de la $P_{I\max}$ RV sentado. El porcentaje de disminución de la $P_{E\max}$ a nivel de TLC y FRC es similar, a pesar de que con el decúbito la TLC sólo se reduce un 2 %, mientras que la FRC lo hace en más de un 10 %. Existen por tanto otros factores, además del volumen, que influyen en este comportamiento. Entre ellos, la diferente disposición muscular que condiciona modificaciones en la interacción de los grupos de músculos y la influencia distinta de los cambios en el resto de estructuras pasivas que rodean el pulmón, en particular las vísceras abdominales.

El decúbito supino puede favorecer la función diafragmática en reposo²⁰. La presión del contenido abdominal sobre el diafragma lo estira pasivamente, colocándolo en una posición más favorable en relación a su curva longitud-tensión. Esta posición ventajosa le permite contraerse en reposo con mayor fuerza que en bipedestación con el mismo estímulo. Nuestros datos parecen estar en contradicción con estos hechos, ya que las presiones máximas obtenidas en decúbito, en especial la $P_{I\max}$ RV, son paradójicamente inferiores. Pero en el estudio las maniobras fueron voluntarias y forzadas. Las presiones máximas obtenidas con maniobras voluntarias no representan necesariamente la máxima contracción de los músculos involucrados. Durante las maniobras máximas estáticas no se modifica la configuración toracoabdominal. Por este motivo, la actividad del músculo más fuerte está limitada por la actividad de los más débiles. El diafragma actúa en concierto con el resto de músculos respiratorios y es probable que su actividad en decúbito sea submáxima, para prevenir cambios en la configuración del tórax²¹. En el estudio de Koulouris et al²², las presiones generadas por maniobras voluntarias $P_{E\max}$, $P_{I\max}$ y presión transdiafragmática durante el olfateo, fueron superiores en posición sentada, mientras que no hubo diferencias en las presiones generadas durante maniobras involuntarias (presión transdiafragmática durante la estimulación percutánea del nervio frénico). Los autores sugieren también que



en la posición sentada las maniobras voluntarias pueden conseguir una mejor activación y coordinación de todos los músculos involucrados.

En conclusión, nuestros datos indican que el volumen pulmonar y la posición corporal afectan de forma significativa a las presiones respiratorias máximas, lo que debe tenerse en cuenta para la correcta interpretación de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Clausen JL. Maximal inspiratory and expiratory pressures. En: Pulmonary function testing. Guidelines and controversies. Clausen JL (ed). New York. Academic Press 1982; 187-191.
2. Derenne JPH, Macklem PT, Roussos CH. The respiratory muscles: mechanics, control and pathophysiology. Part I. Am Rev Respir Dis 1978; 118-132.
3. Rubinstein I, Slutsky AS, Rebeck AS et al. Assessment of maximal expiratory pressure in healthy adults. J Appl Physiol 1988; 64:2.215-2.219.
4. Bird RB, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures in chronic obstructive lung disease. Am Rev Respir Dis 1968; 98:848-856.
5. Lavietes MH, Grocela JA, Maniatis T et al. Inspiratory muscle strength in asthma. Chest 1988; 93:1.043-1.048.
6. Agostoni E, Hyatt RE. Static behavior of the respiratory system. En: Macklem PT, Mead J, eds. Handbook of Physiology, Section 3. The respiratory system, vol III, part I. Bethesda, Maryland. Am Physiol Soc 1986; 113-130.
7. Normativa para la espirometría forzada. Grupo de trabajo de la SEPAR para la práctica de la espirometría en clínica. Arch Bronconeumol 1989; 25:132-146.
8. Standardized lung function testing. Ph H Quanjer (ed). Bull Eur Physiopath Resp 1983; 19 (suppl) 5:1-95.
9. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. Am Rev Respir Dis. 1969; 99:696-702.
10. Casan P, Giner J, Sanchis J. Valoración de un manómetro para presiones respiratorias máximas. Arch Bronconeumol 1989; 25:322-325.
11. Godfrey K. Comparing the means of several groups. N Engl J Med 1985; 313:1.450-1.456.
12. Rahn H, Otis AB, Chadwick LE, Fenn WO. The pressure-volume diagram of the thorax and lung. Am J Physiol 1946; 146:161-178.
13. Cook ChD, Mead J, Orzalesi M. Static volume-pressure characteristics of the respiratory system during maximal efforts. J Appl Physiol 1964; 19:1.016-1.022.
14. Ringqvist T. The ventilatory capacity in healthy subjects: an analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. Scand J Clin Lab Invest 1969; 18(suppl 88):1.179.
15. Navajas D, Farre R, Rotger MM, Milic-Emili J, Sanchis J. Effect of body posture on respiratory impedance. J Appl Physiol 1988; 64:194-199.
16. McElvane G, Blackie S, Morrison NJ et al. Maximal static respiratory pressures in the normal elderly. Am Rev Respir Dis 1989; 139:277-281.
17. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RHT, Spiro SG. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. Thorax 1984; 39:535-538.
18. Fiz JA, Teixidó A, Izquierdo J, Ruiz J, Roig J, Morera J. Postural variation of the maximum inspiratory and expiratory pressures in normal subjects. Chest 1990; 97:313-314.
19. Goldstone J, Mulvey D, Koulouris N, Carroll M, Green M. The effect of posture on maximum static pressures. Eur Respir J 1988; 1:82 S.
20. Sharp JT, Drutz WS, Moisan T, Foster J, Machnach W. Postural relief of dyspnea in severe chronic obstructive pulmonary disease. Am Rev Respir Dis 1980; 122:201-211.
21. Hershenson MB, Kikuchi Y, Loring SH. Relative strengths of the chest wall muscles. J Appl Physiol 1988; 65:852-862.
22. Koulouris N, Mulvey DA, Laroche CM et al. The effect of posture and abdominal binding on respiratory pressures. Eur Respir J 1989; 2:961-965.