



Comparación entre diferentes métodos de evaluación de la presión transdiafragmática. Utilidad en pacientes con EPOC

J. Gea, X. Aran, M. Orozco-Levi, J. Sauleda, M.C. Aguar y J.M. Broquetas

Servicio de Neumología. Hospital del Mar. Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Instituto Municipal de Investigación Médica (IMIM). Barcelona.

Los valores de presión esofágica (Pes), gástrica (Pga) y transdiafragmática (Pdi) se pueden obtener por varios métodos. El de referencia es calcular su valor medio por planimetría de la curva. Como alternativas se han propuesto el valor medio obtenido por cuadratura y el valor máximo ("pico"). Las tres técnicas se comparan en 12 pacientes con EPOC. La cuadratura mostró \overline{Pes} similares a la planimetría ($-11,2 \pm 1,0$ vs $-11,6 \pm 1,1$ cmH₂O, NS), aunque las \overline{Pga} fueron algo inferiores ($3,8 \pm 0,5$ frente a $4,2 \pm 0,5$ cmH₂O, $p < 0,05$). Sólo en 3 curvas de Pga pudo efectuarse la cuadratura; en el resto se calculó el área geoméricamente. La diferencia en las \overline{Pga} se expresó en las \overline{Pdi} ($15,0 \pm 1,2$ cmH₂O frente a $15,8 \pm 1,2$; $p < 0,05$), pero desapareció para \overline{Pdi}/Pdi_{max} y TTdi. Las P pico (Pes $-15,2 \pm 1,1$, Pga $8,2 \pm 1,0$ y Pdi $23,4 \pm 1,7$ cmH₂O) fueron muy superiores a las P medias. La transformación cuadrática constituye una buena alternativa para la determinación de la Pes en pacientes con EPOC, aunque es menos útil para la Pga. Las P pico no debieran utilizarse.

Arch Bronconeumol 1993; 29:328-331

Comparison between different methods of evaluation of transdiaphragmatic pressure. Use in patients with COPD

The values of esophageal (Pes), gastric (Pga) and transdiaphragmatic (Pdi) pressure may be obtained by several methods. That of reference is to calculate their mean values by curve planimetry. The mean value obtained by squaring and the maximum value (peak) have been proposed as alternatives. The three techniques were compared in 12 patients with COPD. Squaring demonstrated similar Pes to that of planimetry (-11.2 ± 1.0 vs -11.6 ± 1.1 cmH₂O, NS) although the \overline{Pga} were somewhat lower (3.8 ± 0.5 vs 4.2 ± 0.5 cmH₂O, $p < 0.05$). Squaring could only be performed in 3 Pga curves, in the remaining the area was calculated geometrically. The difference in the Pga was expressed in the Pdi (15.0 ± 1.2 cmH₂ vs 15.8 ± 1.2 ; $p < 0.05$) but disappeared for \overline{Pdi}/Pdi_{max} and TTdi. The P peak (Pes -15.2 ± 1.1 , Pga 8.2 ± 1.0 and Pdi 23.4 ± 1.7 cmH₂O) were much higher than the mean pressures. Square transformation constitutes a good alternative for the determination of Pes in patients with COPD although it is less useful for the Pga. The P peak should not be used.

Introducción

Los músculos respiratorios generan el gradiente de presión necesario para la entrada de aire en los pulmones^{1,2}. El diafragma es el principal músculo inspiratorio y su actividad puede evaluarse a través de diversas técnicas. Unas valoran sobre todo la fuerza de contracción (*strength*), mientras que otras evalúan su resistencia ante cargas (*endurance*). Entre las primeras destaca la medición de la presión transdiafragmática (Pdi) a volumen corriente, y su relación con la máxima Pdi que el sujeto es capaz de generar (Pdi/Pdi_{max})^{3,4}. El producto de este cociente con el formado por los tiempos respiratorios (T_I/T_{TOT}) constituye el

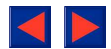
índice tensión-tiempo diafragmático (TTdi)⁵. El valor del TTdi expresa la reserva del músculo frente a la fatiga.

El método más aceptado para evaluar la Pdi a volumen corriente es la determinación de su valor medio (\overline{Pdi} media o \overline{Pdi}) durante la inspiración⁵. Sin embargo, esta técnica requiere de métodos planimétricos y resulta engorrosa en la práctica. Por este motivo se ha propuesto su cálculo por aproximación mediante la transformación cuadrática (*squaring*) de la curva de presión⁶. Otros autores han utilizado como sinónimo de la Pdi su valor máximo en la inspiración (Pdi "pico").

Los valores obtenidos por estos tres métodos, y que en el individuo sano se consideran similares, pueden diferir en sujetos con EPOC. En ellos, la morfología de las curvas de presión es a menudo irregular, pudiendo distorsionar los resultados. Estos pacientes son precisamente aquellos en los que tiene mayor interés

Correspondencia: Dr. J. Gea Guiral. Servicio de Neumología. Hospital del Mar. P.º Marítim, 27. 08003 Barcelona.

Recibido: 15-10-1992; aceptado para su publicación: 13-1-1993.



determinar la actividad muscular respiratoria. En este estudio se han comparado la "técnica-patrón" (planimetría), con las de cuadratura de la curva y medición de las presiones pico.

Material y métodos

Población

Se han estudiado 12 pacientes con EPOC severa (61 ± 3 años; FEV_1 , $38 \pm 2\%$ ref; PaO_2 , 71 ± 3 mmHg). Todos ellos fueron estudiados en situación estable, definida por la ausencia de descompensaciones en los 2 meses precedentes al día del estudio. Este fue aprobado por el Comité de Ética de nuestro centro. Todos los pacientes consintieron en participar tras ser informados sobre los eventuales riesgos y complicaciones.

Método

Los pacientes se estudiaron en sedestación y respiración tranquila. Se esperó hasta la obtención de un estado estable antes de proceder a las distintas mediciones. Las curvas para la obtención de los componentes esofágico (Pes) y gástrico (Pga) de la Pdi, se obtuvieron a partir de sondas-balón (Jaeger, Würzburg, G) conectadas a transductores de presión (Transpack II, Abbott, Chicago, IL, USA). El registro se realizó en un polígrafo para señales analógicas (R-611, Sensormedics, Anaheim, Ca, USA). La introducción de las sondas se realizó por vía nasal. Una de ellas se situó en el esófago y la otra en el estómago. Las presiones se determinaron a volumen corriente y mediante maniobra máxima (técnica de inhalación brusca o "sniff")⁴. La Pdi se obtuvo por sustracción de los valores de sus dos componentes:

$$Pdi = Pga - Pes$$

Para la evaluación de la reserva diafragmática frente a la fatiga se utilizaron el cociente $Pdi/Pdi_{m\acute{a}x}$ y el índice TTdi, siendo:

$$TTdi = (Pdi/Pdi_{m\acute{a}x}) \times (T_i/T_{TOT})$$

Durante el registro de las presiones a volumen corriente, los pacientes respiraban a través de una boquilla conectada a una válvula de dos vías de baja resistencia (Jaeger, Würzburg, G). Las variables de patrón ventilatorio necesarias para el cálculo del TTdi se obtuvieron a partir de un neumotacómetro (Screenmate, Jaeger, Würzburg, G) intercalado inmediatamente tras la válvula, en el circuito inspiratorio. La señal de flujo fue automáticamente convertida en señal de volumen y el registro se efectuó en el polígrafo ya mencionado.

Una vez obtenidos los registros, la determinación de Pes, y Pga se efectuó por tres métodos: a) medición de las P pico; b) medición de las P medias por planimetría, y c) estimación de las P medias a partir de la transformación cuadrática de las curvas⁶.

Las P pico se obtuvieron por medición de la máxima deflexión alcanzada por la curva de presión en la fase inspiratoria del ciclo.

Las planimetría permitió obtener las P medias a través de la medición semiautomática del área bajo la curva. Esto se realizó con un equipo Videoplan II (Kontron Electronic Group, Zeiss, G), dotado de lápiz óptico. El resultado se dividió por la duración de la inspiración (T_i), expresada en mm.

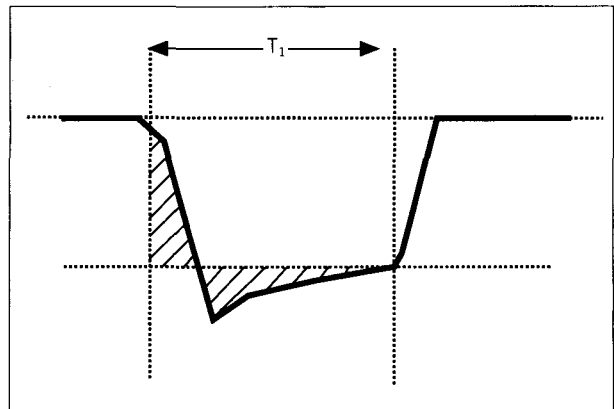


Fig. 1. Técnica de transformación cuadrática (squaring) de la curva de Pes. La línea correspondiente a la Pes debe situarse en el lugar en el que visualmente se igualen ambas áreas sombreadas.

Para la estimación de la P media por transformación cuadrática se determinó el punto en que se igualaban las áreas externa e interna de la curva (fig. 1)⁶. En los casos en que no fue posible la transformación cuadrática de la curva, se procedió a su conversión en una figura geométrica y se calculó su área. El resultado se dividió por el T_i .

A partir de las Pes y Pga obtenidas por los tres métodos se calcularon sendas Pdi, $Pdi/Pdi_{m\acute{a}x}$ y TTdi.

Análisis estadístico

Para la descripción de las diversas variables se ha utilizado la media (\bar{X}) y error estándar de ésta (SEM). La comparación de las Pes y Pga obtenidas por las tres técnicas, así como de sus respectivos parámetros derivados (Pdi , $Pdi/Pdi_{m\acute{a}x}$ y TTdi) se realizó mediante un análisis de la variancia para medidas repetidas. Además se compararon entre sí las técnicas de planimetría y transformación cuadrática para el cálculo de la altura media de las curvas de Pes. Esto último se efectuó a partir de 36 curvas correspondientes a los 12 pacientes, utilizándose la prueba de la t de Student para datos apareados. El coeficiente de Pearson sirvió para analizar la correlación entre las distintas variables. La concordancia se analizó con el método de Fleiss⁷. Se consideró significativa una p inferior a 0,05.

Resultados

Los valores individuales y medios de las diversas variables aparecen en la tabla I. Las P pico fueron de $-15,2 \pm 1,1$ cmH₂O para la esofágica, $8,2 \pm 1,0$ cmH₂O para la gástrica, y $23,4 \pm 1,7$ cmH₂O para la Pdi. Las Pes y Pga obtenidas por planimetría fueron de $-11,6 \pm 1,1$ y $4,2 \pm 0,5$ cmH₂O, lo que supuso una $P\bar{d}i$ de $15,8 \pm 1,2$ cmH₂O. A su vez, el valor medio de la Pes calculada por transformación cuadrática fue de $-11,2 \pm 1,0$. La morfología de las curvas de Pga únicamente permitió aplicar este método en 3 casos (pacientes 2, 4 y 12). En los restantes se calculó geométricamente el área bajo la curva. El valor medio de la Pga fue de $3,8 \pm 0,5$ cmH₂O, resultando en una $P\bar{d}i$ de $15,0 \pm 1,2$ cmH₂O. La $Pdi_{m\acute{a}x}$ media fue de $94,2 \pm 7,6$ cmH₂. Por su parte el cociente T_i/T_{TOT} era



TABLA I
Valores individuales y medios de Pes, Pga, Pdi, Pdi/Pdi_{máx} y TTdi obtenidos a partir de las tres técnicas (pico, planimetría y transformación cuadrática) en los 12 pacientes

Paciente	Pico			Planimetría			"Squaring"		
	Pes	Pga	Pdi	Pes	Pga	Pdi	Pes	Pga	Pdi
1	-13,6	4,5	18,1	- 8,9	2,5	11,4	-10,9	1,6	12,5
2	-22,2	15,9	38,1	-18,8	8,2	27,0	-18,0	7,7	25,7
3	-13,1	4,9	18,0	- 9,8	2,2	12,0	- 9,4	3,0	12,4
4	- 9,1	12,4	21,5	- 7,0	7,2	14,2	- 6,6	6,4	13,0
5	-19,3	8,6	27,9	-10,4	4,9	15,3	-10,4	4,2	4,6
6	-17,0	8,6	25,6	-15,2	3,6	18,8	-13,8	3,4	17,2
7	-15,9	8,6	24,5	-13,4	4,2	17,6	-12,3	3,7	16,0
8	- 9,5	6,8	16,3	- 7,5	4,3	11,8	- 6,8	3,0	9,8
9	-12,5	9,1	21,6	- 9,6	4,8	14,4	-10,0	4,5	14,5
10	-18,8	3,2	22,0	-16,3	2,0	18,3	-16,3	1,5	17,8
11	-16,4	9,1	25,5	-11,6	3,2	14,8	- 9,5	3,2	12,7
12	-14,7	6,6	21,3	- 9,8	3,6	13,4	- 9,8	3,6	13,4
X	-15,2	8,2	23,4	-11,6	4,2	15,8	-11,2	3,8	15,0
± SEM	1,1	1,0	1,7	1,1	0,5	1,2	1,0	0,5	1,2

Las Pes, Pga, Pdi y Pdi_{máx} aparecen expresadas en cmH₂O

TABLA II
Comparación de los valores medios de las distintas variables de actividad muscular respiratoria obtenidas a partir de las tres técnicas

p < 0,001	{ NS p < 0,001 }	{ Pes planimetría Pes "squaring" Pes "pico" }	-11,6 ± 1,1 -11,2 ± 1,0 -15,2 ± 1,1
p < 0,001	{ p < 0,05 p < 0,001 }	{ Pga planimetría Pga "squaring"-CG Pga "pico" }	4,2 ± 0,5 3,8 ± 0,5 8,2 ± 1,0
p < 0,001	{ p < 0,05 p < 0,001 }	{ Pdi planimetría Pdi "squaring". CG Pdi "pico" }	15,8 ± 1,2 15,0 ± 1,2 23,4 ± 1,7
p < 0,001	{ NS p < 0,001 }	{ Pdi/pdi _{máx} planimetría Pdi/pdi _{máx} "squaring". CG Pdi/pdi _{máx} "pico" }	0,18 ± 0,03 0,18 ± 0,02 0,27 ± 0,03
p < 0,05	{ NS p < 0,01 }	{ TTdi planimetría TTdi "squaring". CG TTdi "pico" }	0,07 ± 0,01 0,06 ± 0,01 0,09 ± 0,01

CG: cálculo geométrico. Las Pes, Pga y Pdi aparecen expresadas en cmH₂O.

de 0,36 ± 0,01 seg, respectivamente. Por tanto el cociente Pdi/Pdi_{máx} fue de 0,18 ± 0,03, 0,18 ± 0,02 y 0,27 ± 0,03 para las técnicas de planimetría, transformación cuadrática-cálculo geométrico y medición de la P pico, respectivamente. Los valores de TTdi resultantes fueron 0,07 ± 0,01 (planimetría) 0,06 ± 0,01 (transformación cuadrática-cálculo geométrico) y 0,09 ± 0,01 (P pico).

En la tabla II se muestra la comparación entre las diversas técnicas. No se observaron diferencias entre las dos técnicas de determinación de la Pes. Sin embargo, ambas mostraban valores inferiores a la Pes pico (p < 0,001 en cada caso). En cuanto a la Pga, la planimetría mostró valores discretos, pero significativamente, superiores a la combinación de la transformación cuadrática y el cálculo geométrico (p < 0,05). A su vez, el valor de Pga pico duplicó el de las Pga

(nuevamente p < 0,001 en cada caso). Las discrepancias entre las Pga se transmitieron a la Pdi. Así, la planimetría mostraba valores superiores a la transformación cuadrática-cálculo geométrico (p < 0,05), y la Pdi pico era superior a ambas Pdi (p < 0,001 para cada una). Cabe señalar que las diferencias entre las dos técnicas de determinación de la Pdi ya no eran evidentes ni en la relación Pdi/Pdi_{máx} ni el cociente TTdi. En cambio, estas dos variables eran muy superiores al utilizar las P pico.

De las 36 curvas de Pes escogidas para valorar las alturas medias, cinco presentaban dificultades para la transformación cuadrática. De las restantes, se obtuvieron unos valores similares por planimetría (4,9 ± 0,3 mm) y cuadratura (4,8 ± 0,3 mm). Ambas variables correlacionaban (r = 0,950; p < 0,001) y concordaban (R₁ = 0,73) estrechamente. Por el contra-



TABLA III
Valores individuales y medios de las alturas medias en 62 curvas de Pes y Pga correspondientes a los 12 pacientes con EPOC

Paciente	Planimetría		"Squaring"		Cálculo geométrico Pga
	Pes	Pga	Pes	Pga	
1	4,2	0,6	4,7		0,3
	4,3	1,2	5,0		0,7
	3,3	1,4	4,8		1,1
2	6,9	2,8	7,0	2,6	
	7,5	4,3	7,0	4,0	
	8,5	3,7	7,8	3,5	
3	4,4	0,8	4,0		1,0
	4,4	1,0	4,5		1,8
	4,8	0,9	4,5		0,8
4	2,9	3,1	2,8	3,0	
	3,2	2,6	3,0	2,1	
5	2,6	1,5	2,1		1,2
	7,5	2,3	7,0		1,6
	3,7	2,1	4,6		1,2
6	6,4	1,7	6,0		1,5
	6,7	1,3	6,2		1,5
7	5,9	2,0	6,0		1,9
	6,6	1,9	5,5		1,6
	5,2	1,3	4,8		1,0
8	3,1	2,0	2,6		1,2
	3,6	2,0	3,5		1,3
9	3,2	1,8	3,0		1,5
	4,6	2,1	4,8		2,0
10	7,2	1,0	7,0		0,6
	7,8	0,6	7,2		0,6
	6,6	0,9	7,5		0,7
11	2,9	0,9	2,5		0,7
	2,5	0,4	1,8		0,6
12	5,0	1,5	4,3	1,1	
	3,7	1,7	3,5	1,7	
	3,6	1,6	2,7	1,7	
\bar{X}	4,9	1,7	4,8	$\leftarrow 1,5 \rightarrow$	
\pm SEM	0,3	0,2	0,3	$\leftarrow 0,2 \rightarrow$	

Valores obtenidos por planimetría y transformación cuadrática ("squaring")-cálculo geométrico. Los valores se expresan en mm.

rio, las alturas de las curvas de Pga eran algo superiores por planimetría ($1,7 \pm 0,2$ frente a $1,5 \pm 0,2$, $p = 0,001$). Los valores individuales se muestran en la tabla III.

Discusión

Como era predecible, los resultados de este estudio muestran que la utilización de las P pico tiende a sobreestimar la afectación de la musculatura respiratoria. Es decir, se obtienen valores más altos de presiones respiratorias a volumen corriente. Así, aumenta engañosamente el numerador y la propia relación $Pdi/Pdi_{m\acute{a}x}$, con incremento (empeoramiento) del índice TTdi. Este índice expresa la reserva del diafragma frente a la fatiga. La única utilidad de este método podría estar en la comparación de diversas situaciones

en un mismo individuo, siempre que no se modifique la morfología de las curvas. Lamentablemente, esta condición no suele cumplirse en pacientes con EPOC sometidos a cargas ventilatorias. En nuestra opinión, aunque se trata de un método sencillo de aproximación a las presiones respiratorias debe ser desestimado.

Mucho más interesante es la comparación entre los métodos de planimetría y transformación cuadrática. El presente estudio demuestra que ambos son similares para curvas de morfología estable y una cierta magnitud, como las de Pes. Por similares características, lo mismo podría afirmarse para las curvas de Pdi, que pueden obtenerse por sustracción electrónica de las señales de Pes y Pga.

Sin embargo, las curvas de Pga raramente permiten aplicar una transformación cuadrática. Esto es debido a su especial morfología, y al hecho de hallarse en muchas ocasiones parcialmente desplazadas respecto a la inspiración. La técnica complementaria es el cálculo del área a partir de la transformación de ésta en una figura geométrica. Es más inexacta, tal como muestran las diferencias observadas con los valores de la planimetría. Aunque de una forma discreta, estas diferencias llegan en el presente estudio a afectar a la Pdi, aunque quedan diluidas en parámetros más globales como la $Pdi/Pdi_{m\acute{a}x}$ o el TTdi.

En conclusión, la técnica patrón para la determinación de las presiones torácica, abdominal y transdiafragmática sigue siendo la medición del área bajo la curva, con posterior división por el T_1 . Los métodos automáticos -y sobre todo, semiautomáticos- de planimetría parecen los más adecuados para este objetivo. Dada su simplicidad, la transformación cuadrática es una buena alternativa en las curvas de Pes y Pdi de pacientes con EPOC. Sin embargo, es menos útil en curvas de morfología variable y pequeña magnitud como la de Pga. Esto limita su utilidad en estudios en que sea de interés la evaluación precisa de esta última variable.

BIBLIOGRAFÍA

1. Derenne J, Macklem PT, Roussos C. The respiratory muscles: Mechanics, control and pathophysiology. Part I. Am Rev Respir Dis 1978; 118:119-133.
2. Roussos CS, Macklem PT. The respiratory muscles. N Engl J Med 1982; 307:786-797.
3. Laporta D, Grassino A. Assessment of transdiaphragmatic pressure in humans. J Appl Physiol 1985; 58:1.469-1.476.
4. Laroche CM, Mier AK, Moxham AJ, Green M. The value of sniff esophageal pressure in the assessment of global inspiratory muscle strength. Am Rev Respir Dis 1988; 138:598-603.
5. Bellemare F, Grassino A. Effect of pressure and timing of contraction on human fatigue. J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol 1982; 53:1.190-1.195.
6. Vincken W, Guilleminault Ch, Silvestri L, Cosio M, Grassino A. Inspiratory muscle activity as a trigger causing the airways to open in obstructive sleep apnea. Am Rev Respir Dis 1987; 135:372-377.
7. Fleiss JL. Measuring agreement between two judges on the presence or absence of a trait. Biometrics 1975; 31:651-659.