
LA RELACION VOLUMEN/PRESION MAXIMA INSPIRATORIA EN EL DIAGNOSTICO DE LA AFECTACION FUNCIONAL DE MUSCULOS RESPIRATORIOS

J. L. DIEZ BETORET, P. ROMERO COLOMER,
F. MANRESA PRESAS y B. RODRIGUEZ SANCHON

Sección de Fisiopatología Respiratoria.
Servicio de Patología del Aparato
Respiratorio. C. S. Príncipes de España.
Hospitalet de Llobregat. Barcelona.

Introducción

En diversas enfermedades neuromusculares difusas, el pronóstico viene frecuentemente relacionado a la afectación de grupos musculares indispensables para la vida, tales como los músculos respiratorios (diafragma e intercostales accesorios). Por esta razón, en este tipo de enfermos tienen una gran importancia los métodos de valoración de la función muscular respiratoria. La exploración funcional convencional mediante espirometría y análisis de flujos máximos ins y espiratorios, permite detectar la repercusión ventilatoria de la disfunción muscular, pero su carácter indirecto limita su utilización diagnóstica por dos razones: en primer lugar porque la aparición de una restricción ventilatoria (amputación de volumen) es frecuentemente tardía en relación a las alteraciones de las propiedades intrínsecas musculares^{1,2,3}. En segundo lugar porque las causas de dicha restricción extrapulmonar pueden ser otras que las de origen neuromuscular, tales como las de orden mecánico (obesidad, patología osteo-articular...) lo cual reduce la especificidad diagnóstica².

Recibido el día 12 de junio de 1981.

El estudio de la relación volumen/presión inspiratoria máxima en condiciones estáticas permite una valoración indirecta de la integridad funcional del sistema muscular respiratorio considerado en su conjunto, sea a través de la morfología y dimensiones de la curva V/P_{Imax}, (presión inspiratoria máxima), o del valor de la P_{Imax} a volúmenes dados tales como FRC (capacidad residual funcional) ó RV (volumen residual)^{1,4}.

En este trabajo hemos analizado las relaciones V/P_{Imax} estáticas en grupos de enfermos con restricción de origen extrapulmonar, con y sin neuromiopatía difusa, comparándolo a un grupo de sujetos normales en quienes una restricción artificial (*chest strapping*) ha sido impuesta. Hemos pretendido así obtener un índice funcional que fuese sencillo de medir y suficientemente específico para el diagnóstico de la alteración de las propiedades estáticas intrínsecas de los músculos del sistema respiratorio.

Material y método

El estudio se ha realizado sobre 18 sujetos divididos en tres grupos:

a. Cuatro sujetos normales, voluntarios, de sexo masculino, de edades comprendidas entre 25 y 35 años, escogidos entre el personal del laboratorio y cuya historia clínica y ra-

TABLA I

Relación individual de los valores morfométricos, espirométricos, volúmenes pulmonares, estos últimos con respecto a sus teóricos, y de la presión inspiratoria máxima en valor absoluto y corregida con respecto a la TLC, medida a nivel de FRC.

DIAGNOSTICO	SEXO	EDAD años	TALLA cm	PESO Kg	VC %	VEMS %	VEMS/ VC %	TLC %	FRC %	RV %	PIM (FRC) kPa	PIM kPa
E. de Bechterew	V	39	175	85	67	68	78	83	116	150	9,8	11,8
Paquipleuritis	V	17	180	78	57	65	93	68	60	28	6,2	9,1
Pectum excavatum	V	19	176	61	78	78	82	77	88	69	6,4	8,3
Paquipleuritis	V	36	171	78	50	48	74	62	66	99	7,0	11,3
Neumotórax drenado	V	24	167	66	54	66	98	66	70	108	6,2	9,4
Neumonectomía	V	70	156	50	34	32	61	59	57	200	5,6	9,5
Frenicectomía derecha	V	52	172	78	47	41	64	46	46	44	7,4	16,1
Miastenia	V	48	172	67	65	46	53	80	80	121	6,4	8,0
Paral. diafr. encefal.	V	11	143	45	30	30	87	46	28	63	2,0	4,3
Miopatía mitocondrial	V	39	158	48	60	52	80	64	62	108	2,4	3,8
Miopatía mitocondrial	V	52	159	67	75	77	75	91	86	125	3,8	4,2
Distrofia miotónica	V	64	171	57	59	61	72	83	95	151	2,8	3,4
Miopatía mitocondrial	H	19	151	40	77	84	90	88	82	133	2,2	2,5
S. de Kennedy	V	48	173	71	94	95	75	101	125	123	6,6	6,5

diografía de tórax no reflejaban patología toraco-pulmonar ni neuromuscular.

b. Siete sujetos con restricción ventilatoria, de los cuales seis presentaban patología toraco-pleural y uno había sufrido una neumonectomía dos años antes de la exploración. Ninguno de ellos presentaba signos clínicos de patología neuromuscular difusa y su estado nutricional era bueno.

c. Siete sujetos afectados de diversas enfermedades neuromusculares difusas, diagnosticados clínica y anatomopatológicamente, mediante biopsia de músculo afecto, sin evidencia radiográfica ni clínica de patología torácica, pleural o pulmonar.

La tabla I muestra las características fundamentales de la población estudiada. El protocolo de estudio se realizó como sigue: tras un estudio espirométrico simple (Espirotest Minhardt) y determinación de la FRC por pletismografía corporal

(Plet. Collins, Braintree, Mass.), se obtuvieron las curvas de volumen/presión inspiratoria máxima estáticas (Curvas V/PI_{max}), midiendo la presión generada en la boca durante esfuerzos inspiratorios máximos mantenidos durante un segundo con la vía aérea ocluida, según la técnica descrita por Cook y cols. en 1964⁵, obteniéndose un mínimo de 10 puntos máximos por sujeto. La curva se trazó ajustando a ojo una curva que definiese dichos puntos máximos. El volumen fue obtenido por integración del flujo aéreo medido en la boca mediante un neumotacógrafo Fleisch n.º 4. La presión en la boca fue medida mediante un transductor manométrico (H.P. 1280 c).

En los sujetos normales se practicó además un vendaje inelástico desde xifoides a axilas, en tanto el sujeto permanecía escasos segundos en apnea a RV. Seguidamente se repitieron las mismas maniobras, obteniéndose asimismo la FRC antes y

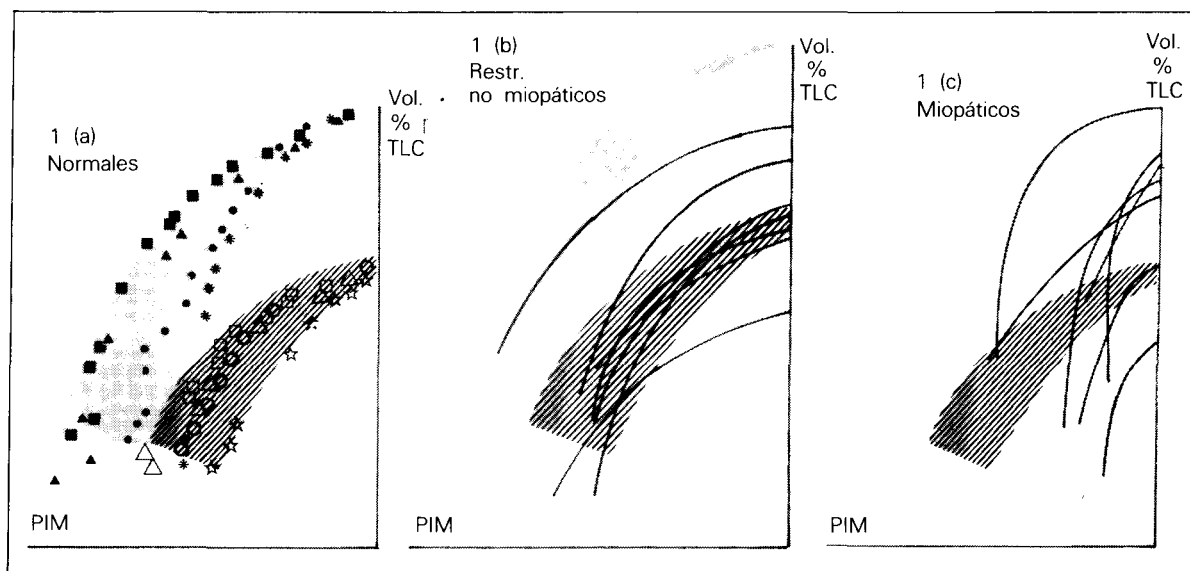


Fig. 1. Valores de la presión inspiratoria máxima obtenidos a lo largo de la capacidad vital. El volumen está expresado en porcentaje de la TLC. Se comparan las curvas obtenidas en los enfermos del área definida por los sujetos normales 1a, antes y después del strapping torácico, 1b: sujetos restrictivos no miopáticos, 1c: sujetos restrictivos miopáticos.

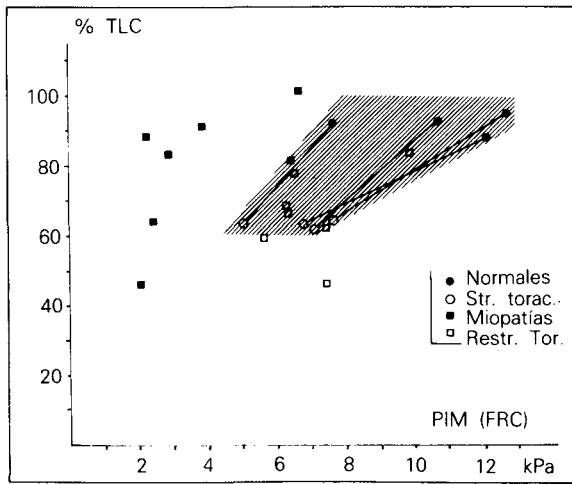


Fig. 2. Relación entre la presión inspiratoria máxima a nivel de FRC y el grado de restricción expresado en porcentaje de amputación de TLC. El área rayada representa la zona definida por los sujetos normales antes y tras el strapping torácico.

después de concluido el registro de la curva V/P_{imax}. La exploración fue rechazada si la variación de la FRC antes y después de esta medición era superior al 10%. Consideramos que esta variación es susceptible de expresar la existencia de modificaciones estructurales, principalmente sobre las fuerzas de superficie, que podrían alterar la precisión de las medidas de volumen y presión en la boca a través de la modificación de las propiedades elásticas pulmonares.

Los valores teóricos de FRC han sido tomados de Grimby y Söderholm⁶, para el resto de volúmenes hemos utilizado los valores de referencia de la CECA⁷.

Resultados

Los sujetos normales redujeron la TLC después del vendaje (*chest strapping*) hasta alrededor del 63% del valor inicial. La morfología de la curva, definida principalmente a través de su pendiente, fue poco modificada (fig. 1 a), sólo sus dimensiones geométricas se redujeron de forma simétrica. En los sujetos restrictivos no miopáticos (fig. 1 b) se observa la misma morfología, superponiéndose las curvas al área definida por los sujetos normales *post-strapping*, para un grado similar de restricción. Los sujetos miopáticos se caracterizaron por la escasa variación de la P_{imax} con el volumen, lo cual confiere a la curva una morfología más aplanada al disminuir su grado de inclinación (fig. 1 c).

Con la finalidad de relacionar la P_{imax} al grado de restricción hemos considerado como parámetro de presión el valor de la P_{imax} medido a nivel de la FRC y como parámetro de restricción el valor de la TLC en porcentaje del valor teórico (fig. 2). El comportamiento de los sujetos normales antes y después del *strapping* torácico define un área supuestamente «normal», en la relación entre ambos parámetros. Observamos que todos los sujetos restrictivos no neuromiopáticos se encuentran dentro del área definida por los sujetos

normales, excepto un caso que se encuentra en el límite inferior y otro claramente desplazado a la derecha (este último corresponde al paciente neumonectomizado sin patología torácica).

En la misma figura 2 puede observarse también que los sujetos portadores de una neuromiopatía se encuentran desplazados a la izquierda del área normal excepto un caso que se encuentra en el límite. La P_{imax} en estos enfermos parece ser menor a la que debieran haber desarrollado para su grado de restricción.

Hemos pretendido obtener un parámetro discriminador de la afectación de la fuerza de los músculos respiratorios corrigiendo la P_{imax} (FRC) con respecto al grado de restricción, a través de los siguientes índices: *

$$P_{\text{máx}}(\text{FRC}) \text{ corregida} = P_{\text{máx}}(\text{FRC}) \times \frac{\text{TLC teórica}}{\text{TLC real}} \quad (1)$$

$$P_{\text{máx}}(\text{FRC}) \text{ corregida} = P_{\text{máx}}(\text{FRC}) \times \frac{\text{VC teórica}}{\text{VC real}} \quad (2)$$

ya que, habida cuenta de la dependencia de la fuerza muscular con respecto a la elongación de las fibras, hemos pensado que la corrección de la presión ejercida con respecto al volumen, ofrecería un índice funcional más preciso de la fuerza muscular.

Hemos obtenido la significación estadística (Test t de Student) de las diferencias entre los grupos con respecto a estos parámetros, así como con la TLC en porcentaje del valor teórico y el valor absoluto de P_{imax} (FRC). La figura 3 muestra estas diferencias con respecto a los diferentes grupos. Observamos que las diferencias de volumen no son capaces de discriminar satisfactoriamente los grupos. La P_{imax} (FRC) permite separar los sujetos normales de los patológicos, sea cual fuere su patología, su reducción es significativamente más importante en los sujetos con patología neuromiopática que en los restrictivos no neuromiopáticos.

El índice P_{imax} (FRC)_c, sea a partir de TLC o de VC, permite una mejor discriminación del grupo miopático, ya que únicamente éste muestra una diferencia estadísticamente significativa con los sujetos normales.

Debemos subrayar que ninguno de los parámetros considerados permite distinguir los sujetos normales tras el *strapping* de los sujetos restrictivos toracógenos no neuromiopáticos.

Discusión

Son bien conocidas las alteraciones de las propiedades del sistema respiratorio en relajación, en los enfermos con patología torácica. La sobrecarga respiratoria impuesta por la elevada impe-

(*) A FRC, la presión estática del sistema respiratorio es nula, con lo que la P_{imax} (FRC) refleja exclusivamente fuerza muscular.

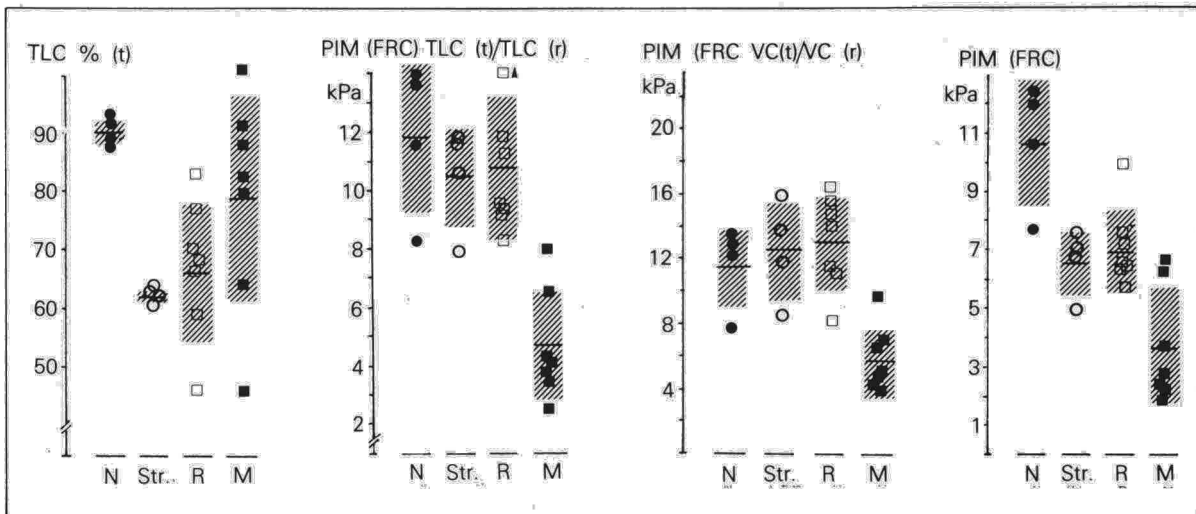


Fig. 3. Comparación de los grupos en relación a la TLC en porcentaje del valor teórico, la presión inspiratoria máxima corregida con respecto a TLC y con respecto a VC y la presión inspiratoria máxima a FRC en valor absoluto. La barra horizontal representa la media, el área sombreada una desviación típica.

dancia elástica del sistema, disminuye el rendimiento muscular, aunque los músculos conserven unas propiedades intrínsecas prácticamente inmodificadas².

El *strapping* torácico en sujetos normales permite crear un modelo probablemente semejante a las condiciones funcionales de los músculos respiratorios en sujetos con restricción de origen toracógeno, sin afectación neuromiopática difusa⁸. Nuestros resultados son compatibles con la hipótesis de que estos enfermos presentan una función muscular intrínseca normal en el aspecto estudiado (relación fuerza-elongación), ya que ninguno de los parámetros estudiados los diferencia de los sujetos normales para el *strapping*. En consecuencia, la reducción de la P_{Imax} no prejuzga, por sí sola, una afectación neuromuscular intrínseca. Dicho de otro modo, en presencia de variaciones significativas de la impedancia elástica del sistema respiratorio, la presión generada por una contracción máxima no refleja la fuerza generada por los músculos respiratorios a menos que se conozcan bien las modificaciones sufridas por las propiedades mecánicas del sistema⁹.

De hecho, los sujetos con restricción toracógena no neuromiopáticos, mantienen una relación proporcional entre la reducción de la P_{Imax} (FRC) y el volumen, como puede observarse en la figura 2. Ello es compatible con la existencia de una relación entre la disminución del volumen pulmonar y la alteración de las propiedades estáticas del tórax, como sugieren Grimby y cols. en enfermos espondilíticos¹⁰.

Por el contrario, los sujetos miopáticos se caracterizan por una menor capacidad de generar presión para una amputación dada de volumen,

en comparación a los sujetos normales o a los restrictivos no neuromiopáticos. Ello modifica la relación V/P_{Imax}, reflejando indirectamente las alteraciones de la relación fuerza-longitud del músculo, de forma similar a lo observado por Saunders y cols.¹¹ en sujetos normales curarizados. Gibson y cols.¹² sugieren que en los pacientes afectados de disfunción muscular, la alteración de la relación V/P_{Imax} podría ser inducida, al menos en parte, por las modificaciones de las propiedades elásticas pulmonares, secundarias a cambios estructurales (microatelectasias, disminución del surfactante, etc), sin embargo es difícil considerar que estas condiciones se den sin reducción de la amplitud de la incursión respiratoria, la cual es tardía en su aparición en relación a la afectación de la fuerza muscular y de la relación V/P_{Imax}¹, la cual se observa aun en ausencia de restricción.

La P_{Imax} (FRC) permite separar los sujetos normales de los patológicos, pero la discriminación de los enfermos con patología neuromuscular y los sujetos restrictivos toracógenos no neuromiopáticos, entre sí, a pesar de su alto grado de significación ofrece un escaso valor práctico, ya que la diferencia observada es de «intensidad de alteración» del parámetro y por tanto difícil de aplicar al análisis del caso individual. Por ello y de acuerdo con estos resultados la P_{Imax} (FRC) no proporciona, por sí sola, una discriminación suficiente entre las patologías consideradas. Mientras que en el caso de las neuromiopatías difusas, la restricción pulmonar es poco precoz. En nuestra opinión, un parámetro que exprese, aun groseramente, las propiedades intrínsecas estáticas de los músculos respiratorios debe relacionar la presión máxima inspiratoria al volu-

men pulmonar. El índice propuesto es de utilidad en este sentido, permitiendo una discriminación que parece suficientemente sensible y específica de la afectación de la fuerza muscular respiratoria en el curso de las neuromiopatías difusas.

Conclusiones

Podemos extraer tres conclusiones de este trabajo:

1. El análisis de la curva V/PI_{max} estática permite caracterizar el grado de afectación funcional de los músculos respiratorios en el curso de los procesos restrictivos de origen torácico.

2. La PI_{max} (FRC) corregida con respecto a la restricción de volumen según el índice propuesto permite discriminar efectivamente la afectación intrínseca de los músculos respiratorios en el contexto de la restricción toracógena, distinguiendo la de origen neuromiopático y la de origen mecánico.

3. El *strapping* torácico parece ser un modelo adecuado de la restricción toracógena no neuromiopática, en relación a las características fuerza/elongación de los músculos del sistema ventilatorio.

Resumen

Se ha determinado la relación volumen-presión inspiratoria estática máxima (V/PI_{max}) en 18 sujetos (cuatro normales, siete con restricción toracógena mecánica y siete con neuromiopatías diversas que afectaban a los músculos respiratorios). Los sujetos normales fueron reestudiados tras un *strapping* torácico a nivel de RV. La PI_{max} tras el *strapping* de forma proporcional a la pérdida de volumen. Los sujetos con restricción mecánica se comportaron de forma similar a los normales post-*strapping*. Los sujetos con neuromiopatías presentaron una afectación de la PI_{max} (FRC) comparativamente superior a la pérdida de volumen.

La PI_{max} (FRC)_c = PI_{max} (FRC teórica/TLC real) permite una mejor discriminación de los sujetos con restricción ventilatoria de origen neuromiopático, que la alteración de volúmenes o la PI_{max} (FRC) en orden absoluto.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Dr. R. Peset su análisis crítico y colaboración en la redacción del texto.

Summary

THE VOLUME/MAXIMAL STATIC INSPIRATORY PRESSURE IN THE DIAGNOSIS OF FUNCTIONAL AFFECTATIONS OF THE RESPIRATORY MUSCLES

The volume-maximal static inspiratory pressure (V/PI_{max}) relation was determined in 18 subjects (4 normal ones; 7 with mechanical thoracic restrictive disease; 7 with different neuromyopathies affecting the respiratory muscles). The normal subjects were also studied after thoracic strapping at RV level; PI_{max} decreased at FRC level after strapping and proportionally to the loss of volume. Findings for the subjects with mechanical restriction were similar to those for the normal subjects after strapping. The subjects with neuromyopathies presented a PI_{max} (FRC) affection comparatively higher than the loss in volume.

PI_{max} (FRC) adjusted to TLC:

PI_{max} (FRC)_c = PI_{max} theoretical TLC/true TLC; allows a clearer recognition of patients with restrictive ventilatory neuropathy, than do volume alterations or absolute PI_{max} (FRC).

BIBLIOGRAFIA

- Inkley SR, Oldenburg FC, Vignos PJ: Pulmonary function in Duchenne muscular dystrophy related to the stage of disease. *Am J Med* 1974; 56: 297-306.
- Bergofsky EH: Respiratory failure in disorders of the thoracic cage. *Am Rev Respir Dis* 1979; 119: 643-670.
- De Troyer A, Borenstein S, Cordier R: Analysis of lung volume restriction in patients with respiratory muscle weakness. *Thorax* 1980; 35: 603-610.
- Black LF, Hyatt RE: Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Amer Rev Respir Dis* 1977; 115: 385-395.
- Cook CD, Mead J, Orzales IMM: Static volume-pressure characteristics of the respiratory system during maximal efforts. *J Appl Physiol* 1964; 19: 1016-1022.
- Grimby G, Söderholm B: Spirometric studies in normal subjects III. Static lung volumes and maximal voluntary ventilation in adults with a note on physical fitness. *Acta Med Scand* 1963; 173: 119-206.
- Olivier HR: Explorations biologiques et fonctionnelles de l'appareil respiratoire; Chap. II: La Ventilation Externe pp 369-373. Librairie Maloine S. A. ed, Paris 1970; 369-373.
- Caro CG, Buttler J, Dubois AB: Some effects of restriction of chest cage expansion on pulmonary function in man: an experimental study. *J Clin Invest* 1960; 39: 573-583.
- Agostoni E: Volume-Pressure relations of the respiratory system during static muscular effort. En Campbell EJM, Agostoni E, Newsom-Davis J: The respiratory muscles. Lloyd Luke Medical Books Ltd, London 1970; 63-69.
- Grimby T, Fugl-Meyer AR, Blomstrand A: Partitioning of the contribution of rib cage and abdomen to ventilation in ankylosing spondylitis. *Thorax* 1974; 29: 179-185.
- Saunders NA, Rigg JRA, Pengelly LD, Campbell EJM: Effect of curare on maximum static PV relationships of the respiratory system. *J Appl Physiol Respirat Environ Exercise Physiol* 1978; 44: 589-595.
- Ginson GJ, Pride NB, Newsom-Davis J, Lom LC: Pulmonary mechanics in patients with respiratory muscle weakness. *Am Rev Respir Dis* 1977; 115: 385-395.