

FUNCIÓN DEL DIAFRAGMA DURANTE LA COLOCACIÓN DE CARGAS SOBRE EL ABDOMEN EN SUJETOS NORMALES

SERGIO G. MONTEIRO, FERNANDO A. PESSOLANO[†], ADRIÁN A. SUÁREZ, EDUARDO L. DE VITO

Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, Universidad de Buenos Aires

Resumen Los efectos de las cargas en el abdomen con el objeto de producir entrenamiento del diafragma, no han sido suficientemente evaluados. Estudiamos la función del diafragma durante la colocación de cargas sobre el abdomen y con cambios en el patrón respiratorio. Se estudiaron 6 voluntarios normales. Se obtuvo flujo en la boca, presión gástrica (Pga), presión esofágica (Pes), movimiento torácico (TX) y abdominal (AB), presión inspiratoria máxima (PImax) y presión transdiafragmática media (Pdi) y máxima (Pdimax). Se calculó la relación Pdi/Pdimax y el índice tensión-tiempo del diafragma (TTdi). Etapas: patrón normal (PN), patrón abdominal (PA) y carga de 1, 2, 4 y 6 kg con PN y PA. El PA fue facilitado por las cargas sobre el abdomen. Solo con 6 kg (PN y PA) la Pga a capacidad residual funcional aumentó significativamente ($p < 0.001$). La Pdi siguió a las variaciones de la Pga y aumentó con todos los PA ($p < 0.001$). Con PA y carga el índice TTdi alcanzó un valor de 0.05 ± 0.02 ($p < 0.001$). Las cargas no aumentaron este índice más de lo que hizo el PA solo. Nuestros hallazgos sugieren que las cargas sobre el abdomen aumentan la *propiocepción* relacionada con los movimientos respiratorios y descenso del diafragma. Las cargas producen cambios leves en la mecánica del diafragma (en sujetos normales, 1/3 de la carga necesaria para desarrollar fatiga). En sujetos normales estos cambios parecen ser insuficientes para producir entrenamiento de los músculos respiratorios.

Palabras clave: diafragma, ejercicios respiratorios, modalidades de terapia física, músculos respiratorios

Abstract *Study of diaphragmatic muscle function during abdominal weight in normal subjects.* The effects of the abdominal weight with the intention of producing training of the diaphragm, have not been sufficiently evaluated. We studied the function of the diaphragm during the abdominal weight training and during associated changes in the respiratory pattern. Six normal volunteers were studied. Flow at the mouth at functional residual capacity (FRC) was obtained as well as gastric pressure (Pga), esophageal pressure (Pes), thoracic and abdominal movements, maximal inspiratory pressure and mean and maximal transdiaphragmatic pressure (Pdi and Pdi max). Pdi/Pdimax and the diaphragm tension-time index (TTdi) were calculated. Studied steps: normal pattern (NP), abdominal pattern (AP) and weight of 1, 2, 4 and 6 kg with NP and AP as well. We found 1) The AP was facilitated by the abdominal weight, 2) Only with 6 kg (NP and AP) the Pga at FRC increased significantly ($p < 0.001$), 3) the Pdi followed the variations of the Pga and increased with all the AP ($p < 0.001$), 4) The index TTdi load reached a value of 0.05 ± 0.02 ($p < 0.001$). The charges did not increase this rate more than did the AP alone. Our findings suggest abdominal weight increases proprioception related to the respiratory movements and descent of the diaphragm. The loads on the abdomen produce minor changes in mechanics of the diaphragm (1/3 of the load required to develop fatigue in normal subjects). At least in normal subjects these changes appear to be insufficient to produce respiratory muscle training.

Key words: diaphragm, breathing exercises, physical therapy modalities, respiratory muscles

Debido al aumento del interés en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria relacionada con la disfunción de los músculos respiratorios, se han desarrollado técnicas o dispositivos para reducir la carga, mejorar la fuerza y la resistencia y promover el reposo de los músculos respiratorios¹⁻⁵. No todas estas estrategias cuentan con suficiente

evidencia científica que demuestre su efectividad, al punto que es muy lícito considerar a los ejercicios respiratorios como una mezcla de arte y ciencia³.

El entrenamiento de los músculos respiratorios es una meta deseada en diversas condiciones clínicas que abarcan desde el espectro de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) hasta los pacientes con lesión medular y cuadriplejía. Los conceptos de fuerza, resistencia, fatiga, sobrecarga, especificidad y reversibilidad, originalmente utilizados para los músculos de los miembros, pueden aplicarse a los músculos respiratorios. La carga respiratoria necesaria para producir entrenamiento está relacionada con el tipo de carga, su

Recibido: 22-XII-2010

Aceptado: 18-I-2012

Dirección postal: Dr. Eduardo L. De Vito, Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, Combatientes de Malvinas 3150, 1427 Buenos Aires, Argentina

Fax: (54-11) 4514-8701

e-mail: eldevito@gmail.com

(†) Fallecido el 15 de febrero de 2010

valor nominal con relación a la fuerza máxima disponible y al tiempo de entrenamiento. Así, se considera que dicha carga puede ser aumentada mediante resistencias en la boca, hiperventilación y una resistencia directa sobre el diafragma³. Estas estrategias no son nuevas y se ha generado suficiente cuerpo de información que indica que el entrenamiento con carga elástica umbral bajo diversas condiciones es beneficiosa para los músculos respiratorios⁴⁻⁶.

A pesar de ello, el efecto de la colocación de cargas sobre el abdomen no ha sido suficientemente evaluado. Winsler y col. comunicaron su experiencia en un grupo de pacientes cuadripléjicos entrenados con cargas en el abdomen⁷. Gayraud y col. estudiaron los desplazamientos del diafragma en sujetos con bronquitis crónica o enfisema pulmonar mediante cambios en la posición del cuerpo y luego de la colocación de cargas en el abdomen⁴. Lin y col. compararon los efectos de las cargas en el abdomen y resistencias inspiratorias en sujetos cuadripléjicos⁸.

Debido a la ausencia de estudios fisiológicos sobre los efectos de la colocación de cargas sobre el abdomen, en el presente trabajo evaluamos en sujetos normales la función del diafragma durante la colocación de dichas cargas y con cambios inducidos en el patrón respiratorio.

Materiales y métodos

Se estudiaron 6 voluntarios normales, varones (28 a 44 años de edad). Previa anestesia con lidocaína tópica, se introdujo un sistema de catéter y balón por vía nasal. Uno de los balones se ubicó en el estómago con el objeto de medir la presión gástrica (Pga) y el otro en el tercio medio del esófago para obtener la presión esofágica (Pes), reflejo de la presión intrapleurar. El balón esofágico fue llenado con 0.2 a 0.5 cm³ y el gástrico con 2 cm³ de aire. Cada catéter fue conectado a un transductor (*Validyne MP-45*) para obtener la Pes y la Pga con relación a la presión atmosférica. La presión transdiafragmática (Pdi) se obtuvo por análisis computarizado de la diferencia entre la Pga y la Pes. El flujo en la boca se obtuvo mediante un neumotacógrafo conectado a una pieza bucal. Los dos catéteres del neumotacógrafo fueron conectados a un transductor diferencial (*Validyne MP-45*). Otro catéter fue enviado a un oxicapnógrafo (*Datex Oscar Oxi*) para monitorear la PetCO₂.

Por la señal de flujo en la boca se obtuvieron el tiempo inspiratorio (Ti), la relación tiempo inspiratorio/tiempo total (Ti/Tot) y la frecuencia respiratoria (Fr). El Vt se obtuvo mediante la integración digital de la señal del flujo proveniente del neumotacógrafo.

Con el objeto de medir los movimientos del tórax (TX) y del abdomen (AB) se colocaron bandas en el tórax y en el abdomen (pletismografía de inductancia, *Respirtrace*[®]). Las mismas fueron calibradas con el método convencional en función del volumen conocido obtenido a partir del neumotacógrafo. Los valores están expresados en unidades arbitrarias de cambio de amplitud (perímetro) respecto de la posición de fin de la espiración tranquila (capacidad residual funcional, CRF).

Las presiones se amplificaron en un *Physiograph MK IV* y fueron filtradas con un filtro que permite pasar las frecuencias de hasta 30 Hz. Las señales de Pes, Pga, flujo en la boca, TX, AB y PetCO₂ ingresaron a un grabador de FM y

se digitalizaron en formato PCM (*Vetter* modelo 4000 A, 16 canales). Una vez grabado el estudio en cinta, se procedió a la conversión analógica-digital (*Sponge Inc.*, 16 bits) a 60 Hz de todas las señales. Se analizaron las variables en función del tiempo (*Start Inspirational Software*) en PC. La Fig. 1 muestra los dispositivos utilizados. Los sujetos se estudiaron en decúbito dorsal. Luego de la colocación de los balones y las bandas (*Respirtrace*[®]), se procedió a determinar la presión inspiratoria máxima (PImax) y la Pdimax según la técnica convencional a CRF. La Pdi máxima se utilizó para los cálculos de la relación Pdi/Pdimax y del índice tensión tiempo del diafragma (TTdi)^{9, 10}.

Luego de la obtención de un registro basal con patrón normal (PN), se invitó a los sujetos a cambiar el patrón respiratorio de manera de lograr un predominio del movimiento abdominal. Este patrón fue llamado "patrón abdominal" (PA). Luego, se dejó recobrar el PN y se fue apoyando sobre el abdomen en la región umbilical cargas de 1, 2, 4 y 6 kg de peso. A continuación se invitó a retomar el PA y se reprodujeron las cargas como en la etapa anterior. Se registraron patrones respiratorios basales entre cada patrón y al finalizar el estudio. De esa forma las etapas quedaron establecidas de la siguiente manera: patrón basal o patrón normal (PN), patrón a predominio abdominal (PA), PN con 1 kg (PN 1), PN con 2 kg (PN 2), PN con 4 kg (PN 4), PN con 6 kg (PN 6), PA con 1 kg (PA 1), PA con 2 kg (PA 2), PA con 4 kg (PA 4), PA con 6 kg (PA 6).

Todos los datos fueron sometidos a prueba de normalidad (Shapiro - Wilk), luego se utilizó ANOVA de un factor para medidas repetidas (distribución normal) o análisis de varianza de un factor de Kruskal-Wallis por bloques. Si el análisis general mostraba diferencias, se utilizaron pruebas post-hoc: test t o Mann-Whitney Wilcoxon por bloques, según normalidad o no respectivamente (*SigmaPlot* 12.0). Se presentan los valores medios \pm DE (desvío estándar). Se consideró estadísticamente significativa una $p < 0.05$.

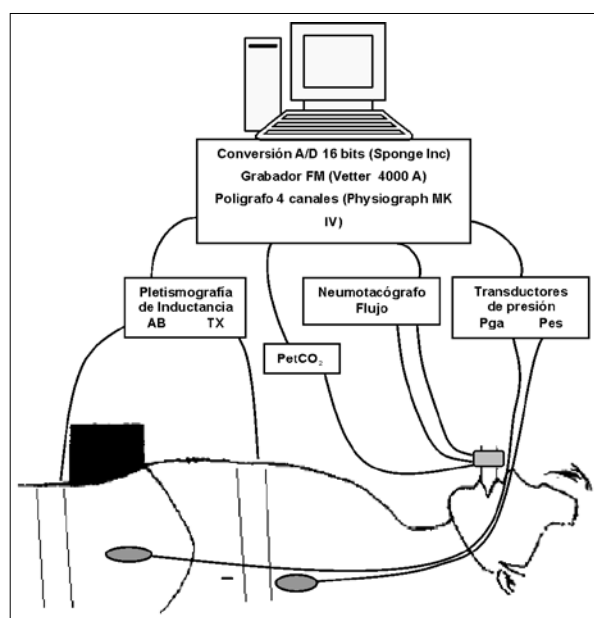


Fig. 1.— Representación esquemática de los dispositivos utilizados y del procesamiento de las señales. AB, abdomen; TX, tórax; Pes, presión esofágica; Pga, presión gástrica.

Resultados

La efectividad de la adopción del patrón respiratorio con el predominio del componente abdominal (PA sin carga y con carga) se evaluó mediante el movimiento torácico y abdominal (pletismografía de inductancia). Todos los sujetos fueron capaces de modificar su patrón respiratorio normal para lograr una movilidad abdominal mayor según les fuera solicitado (Fig. 2). Asimismo, todo el PA con carga fue más sencillo de adoptar que bajo PN. La movilidad del abdomen fue significativamente diferente durante la adopción del PA ($p < 0.001$). En la Tabla 1 se observan los valores de T_i , T_i/T_{tot} , Fr y V_t . No hubo diferencias estadísticamente significativas en dichas variables. Los cambios en el patrón respiratorio no se asociaron a cambios en el V_t ni en la Fr .

La P_{ga} a CRF indica la precarga que el diafragma debe vencer cuando desciende en el momento de la inspiración. La colocación de las cargas sobre el abdomen produjo un aumento de la presión intra abdominal que se reflejó en un aumento de la P_{ga} a CRF ($p < 0.001$) durante el PN con 6 kg y durante el PA con 6 kg (Fig. 3).

En correspondencia con los cambios en el movimiento abdominal, la P_{ga} aumentó ($p < 0.001$) durante los PA (con y sin cargas) respecto de los PN (Fig. 4). No hubo cambios en la P_{es} . La P_{di} siguió a las variaciones de la P_{ga} y aumentó con todos los PA ($p < 0.001$).

La relación P_{di}/P_{dimax} indica la presión media que genera el diafragma durante la respiración espontánea con relación a la presión máxima que puede generar en condiciones estáticas y a CRF, y el índice TT_{di} indica la reserva de fuerza del diafragma y la susceptibilidad a

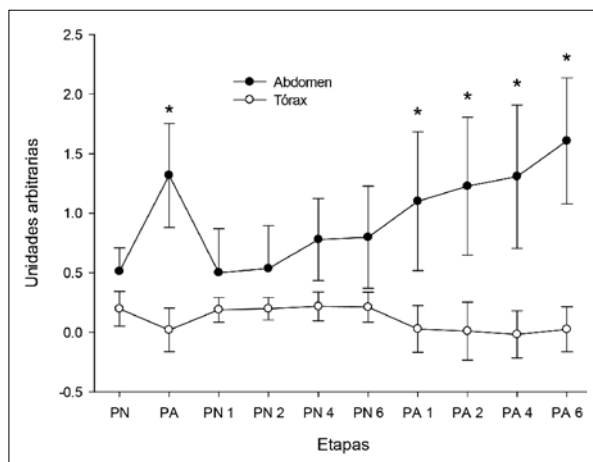


Fig 2.— Movimiento torácico y abdominal durante las distintas etapas. La excursión del abdomen fue mayor ($p < 0.001$) para todos los PA (con y sin carga) respecto de los PN (basal y carga). No hubo diferencias estadísticamente significativas en el movimiento torácico. * $p < 0.001$ respecto de PN basal y de PN con cargas. PN: patrón normal. PA: patrón abdominal.

desarrollar fatiga^{9, 10}. En la Fig. 5 se observan estas variables. Se halló un aumento significativo ($p < 0.001$) de la relación P_{di}/P_{dimax} y del TT_{di} durante la adopción del PA con carga y sin carga respecto de los PN con y sin carga.

Discusión

Los resultados más relevantes del presente estudio son: 1) la adopción del PA fue facilitada por la colocación de cargas sobre el abdomen, 2) solo con carga alta (6 kg con PN y con PA) la precarga del diafragma (P_{ga} a CRF) aumentó leve pero significativamente, 3) con los

TABLA 1.— Variables respiratorias durante las diferentes etapas

Etapas	T_i	T_i/T_{tot}	Fr	V_t
PN Basal	1.85 ± 0.60	0.41 ± 0.04	14.49 ± 4.58	0.68 ± 0.21
PA Basal	1.94 ± 0.56	0.41 ± 0.05	13.63 ± 3.45	0.69 ± 0.22
PN 1 Kg	1.85 ± 0.37	0.42 ± 0.05	14.27 ± 3.67	0.68 ± 0.23
PN 2 Kg	1.77 ± 0.46	0.39 ± 0.06	14.31 ± 4.60	0.71 ± 0.19
PN 4 Kg	1.96 ± 0.45	0.41 ± 0.04	13.24 ± 3.21	0.75 ± 0.19
PN 6 Kg	1.89 ± 0.62	0.41 ± 0.04	14.15 ± 4.51	0.69 ± 0.21
PA 1 Kg	2.02 ± 0.52	0.42 ± 0.05	13.16 ± 3.65	0.69 ± 0.25
PA 2 Kg	1.96 ± 0.47	0.44 ± 0.06	13.88 ± 3.06	0.67 ± 0.20
PA 4 Kg	1.99 ± 0.50	0.42 ± 0.05	13.19 ± 3.13	0.68 ± 0.19
PA 6 Kg	1.96 ± 0.38	0.41 ± 0.06	13.09 ± 3.27	0.69 ± 0.21
p	0.942	0.610	0.992	0.998

T_i , tiempo inspiratorio (segundos); T_i/T_{tot} , relación tiempo inspiratorio/tiempo total; Fr , frecuencia respiratoria (ciclos/min); V_t volumen corriente (litros). PN: patrón normal. PA: patrón abdominal. Etapas: ver texto. El análisis global de las etapas (Kruskal Wallis) no mostró diferencias significativas.

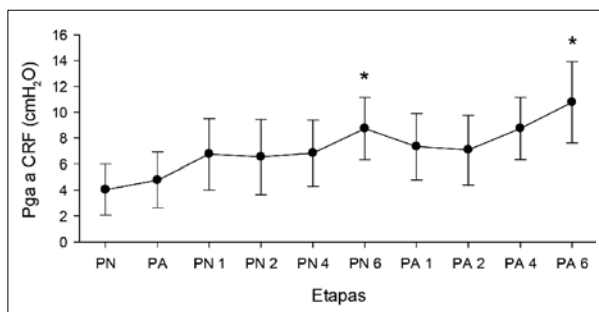


Fig. 3.- Presión gástrica (Pga) a capacidad residual funcional (CRF). Los asteriscos muestran un aumento significativo (p 0.001) respecto del PN basal.

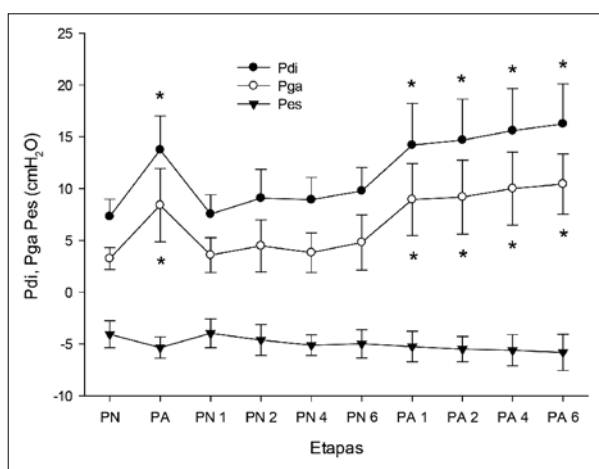


Fig. 4.- Presión gástrica (Pga), presión esofágica (Pes) y presión transdiafragmática (Pdi) durante las distintas etapas. Los asteriscos indican una diferencia significativa (p 0.001) respecto del PN basal.

PA (con y sin carga) los índices Pdi/Pdimax y TTdi, si bien aumentaron significativamente, se mantuvieron por debajo de los valores fatigantes y de entrenamiento para el diafragma.

El entrenamiento específico de los músculos respiratorios en la EPOC se realiza mediante ejercicios para mejorar la fuerza y la resistencia^{1,2,6}. En estos pacientes el entrenamiento con los dispositivos de carga elástica umbral es más efectivo que la aplicación de cargas resistivas inspiratorias². Para que el entrenamiento sea posible, la carga elástica umbral debe lograr valores de presiones bucales de alrededor de 60 - 70% de la PImax. Esta modalidad está indicada en los pacientes con EPOC que no tienen posibilidad de entrenar otros grupos musculares, y en quienes la PImax es menor de 60 cm H₂O y la PEmax es normal^{1,2}. La respiración diafragmática soplando con los labios fruncidos (*pursed-lip*) no puede ser recomendada en razón de la evidencia existente, para su utilización se sugiere evaluar cada caso particular^{11,12}.

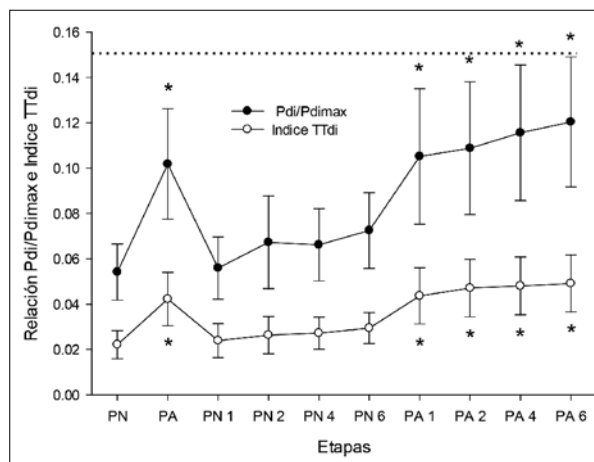


Fig. 5.- Relación presión transdiafragmática media/presión transdiafragmática máxima (Pdi/Pdimax) e índice tensión tiempo del diafragma (TTdi) durante las diferentes etapas. Los asteriscos indican una diferencia significativa (p 0.001) respecto del PN basal y de los PN con cargas. La línea punteada corresponde al valor del índice TTdi por arriba del cual el diafragma desarrollará fatiga muscular.

En contraste con la relativamente aceptable disponibilidad de recomendaciones basadas en meta-análisis respecto del entrenamiento de músculos respiratorios en la EPOC, la información disponible acerca del entrenamiento de músculos respiratorios en las enfermedades neuromusculares es muy limitada, de manera que no se pueden emitir recomendaciones de orden general. En un estudio reciente, se analizaron los efectos del entrenamiento muscular respiratorio en pacientes con distrofia muscular de Duchenne¹³. Se observó un aumento significativo de la PImax, sin cambios en la PEmax y en la capacidad vital. El estudio sugiere que si bien puede hallarse mejoría de algunos parámetros funcionales, esta mejoría posiblemente sea marginal y no tenga significación clínica.

Mediante un meta-análisis se evaluaron los efectos del ejercicio y del entrenamiento de músculos inspiratorios sobre la función respiratoria en individuos con lesión de médula espinal¹⁴. El estudio concluyó que si bien con ambos regímenes de entrenamiento existe alguna evidencia de su eficacia, ella es insuficiente como para efectuar una recomendación formal.

En el presente estudio, las cargas aplicadas sobre el abdomen no fueron suficientes como para afectar al diafragma al punto de alcanzar valores compatibles con entrenamiento o con la aparición de fatiga diafragmática. La Pga y el TTdi aumentaron pero se mantuvieron muy por debajo del valor esperado para tener efecto entrenamiento. Un índice TTdi mayor de 0.15 produce fatiga diafragmática en unos 45 minutos⁹. El diafragma normal debe aumentar su TTdi unas 10 veces antes de alcanzar ese TTdi crítico. Solo bajo el PA (con y sin carga), se

alcanzó la mayor activación del diafragma. Sin embargo, la relación Pdi/Pdimax no superó el 12% (apenas el doble que la basal) y el TTdi solo se duplicó durante los PA, de manera que el valor alcanzado fue 4 veces inferior al requerido para producir fatiga diafragmática. Un hallazgo interesante de nuestro estudio es que la adopción del PA fue más sencilla con la colocación de cargas. Esto sugiere que el individuo es capaz de pensar con mayor precisión sus movimientos respiratorios y dirigir así los cambios en el patrón respiratorio solicitado.

La información respecto de los efectos de las cargas sobre el abdomen es muy limitada. Las comunicaciones al respecto estudiaron cambios en la capacidad vital⁷, aspectos radiográficos⁴ y activación muscular por electromiograma⁸.

Winser y col. comunicaron el uso de cargas sobre el abdomen en pacientes con lesión de la médula espinal no intubados. El programa de ejercicios progresivos aumentó significativamente la capacidad vital⁷. Sin embargo, no midió la fuerza muscular respiratoria directamente. Nuestros hallazgos no pueden ser extrapolados a pacientes con lesión medular. Los mismos suelen tener debilidad marcada de músculos abdominales e hipotonía. Es posible que la transmisión del peso desde la pared abdominal hacia el interior del abdomen sea mayor y el diafragma reciba más carga. Por otro lado, el peso elevado en la pared abdominal podría haber generado una reacción de defensa de los músculos abdominales y aumento de la Pga. Parece no haber ocurrido, a juzgar por el modesto aunque significativo aumento de la Pga.

Gayrard y col. demostraron en pacientes con bronquitis crónica o enfisema pulmonar que la posición de Trendelenburg fue más efectiva que la colocación de cargas sobre el abdomen (4.5 y 9 kg) para elevar el domo del diafragma y a su vez, la combinación de ambas maniobras fue más efectiva que la de Trendelenburg sola⁴. Nuestros hallazgos están en línea con los de Gayrard respecto del relativo poco efecto de las cargas sobre el diafragma.

El estudio de Lin y col. evaluó en pacientes tetraplégicos los efectos de cargas sobre el abdomen y de resistencia inspiratoria en el electromiograma de superficie de esternomastoideo, intercostal y diafragma⁸. El peso abdominal fue el máximo que el sujeto podía tolerar durante 6 respiraciones (12 kg, rango 5-22 kg, valores tomados del trabajo de Lane) y la carga resistiva fue del 60% de la PImax (orificio de 3.8 ± 0.3 mm). Concluyeron que ambas estrategias tienen efectos diferentes, sugiriendo que los mecanismos de acción pueden también ser diferentes. La activación electromiográfica fue mayor con la combinación hiperventilación y carga resistiva (media 176%), mientras

que para la estrategia hiperventilación y cargas sobre el abdomen fue menor (media 147%).

Nuestros hallazgos sugieren que las cargas aplicadas sobre el abdomen producen cambios en la mecánica respiratoria que afectan la función del diafragma. Las cargas aumentan la propiocepción relacionada con los movimientos respiratorios y descenso del diafragma pero, debido a la poca magnitud de los cambios, parecen ser insuficientes para producir entrenamiento de los músculos respiratorios.

Conflictos de interés: Ninguno a declarar.

Bibliografía

1. Lötters F, van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R. Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur Respir J* 2002; 20: 570-7.
2. Sivori M, Benzo R, Rhodius E, et al. Consenso Argentino de Rehabilitación Respiratoria. *Medicina (B Aires)* 2004; 64: 357-67.
3. Kigin CM. Breathing exercises for the medical patients: the art and the science. *Phys Ther* 1990; 70: 700-6.
4. Gayrard P, Becker M, Bergofsky EH. The effects of abdominal weights on diaphragmatic position and excursion in man. *Clin Sci* 1968; 35: 598-601.
5. Gross D, Ladd HW, Riley EJ, Macklem PT, Grassino A. The effect of training on strength and endurance of the diaphragm in quadriplegia. *Am J Med* 1980; 68: 27-35.
6. Madariaga VB, Iturri JB, Manterola AG, Buey JC, Sebastian NT, Peña VS. Comparison of 2 methods for inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Bronconeumol* 2007; 43: 431-8.
7. Winser SJ, George J, Stanley P, Tharion G. A comparison study of two breathing exercise techniques in tetraplegics. *Health* 2009; 2: 88-92. En: <http://www.scirp.org/journal/HEALTH/>
8. Lin K-H, Chuang C-C, Wu H-D, Chang C-W, Kou YR. Abdominal weight and inspiratory resistance: their immediate effects on inspiratory muscle functions during maximal voluntary breathing in chronic tetraplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 741-5.
9. Bellemare F, Grassino A. Effect of pressure and timing of contraction on human diaphragm fatigue. *J Appl Physiol* 1982; 53: 1190-5.
10. Bellemare F, Grassino A. Force reserve of the diaphragm in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Appl Physiol* 1983; 55: 8-15.
11. Gosselink RA, Wagenaar RC, Rijswijk H, Sargeant AJ, Decramer ML. Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 136-42.
12. Breslin EH. The pattern of respiratory muscle recruitment during pursed-lip breathing. *Chest* 1992; 101: 75-8.
13. Capria ME, Pessolano FA, Monteiro SG, Suarez AA, De Vito EL. Entrenamiento muscular respiratorio en pacientes con Distrofia muscular de Duchenne. *Revista Argentina de Medicina Respiratoria* 2005; 2: 67-72.
14. Sheel W, Reid WD, Townson AF, Ayas NT, Konnyu, KJ. Effects of exercise training and inspiratory muscle training in spinal cord injury: A systematic review. *Spinal Cord* 2008; 31: 500-8.