

## La respiración con los labios fruncidos

G.A. de F. Fregonezi<sup>a,b,c</sup>, V.R. Resqueti<sup>a,b</sup> y R. Güell Rous<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Neumología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.

<sup>b</sup>Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España.

<sup>c</sup>Becario de Investigación del CNPq-Brasil. Brasilia. Brasil.

### Introducción

La respiración con los labios fruncidos (RLF) es una maniobra utilizada frecuentemente en los programas de rehabilitación respiratoria, con el objetivo de mejorar la eficacia de la respiración y proporcionar un mejor control de la disnea durante la realización de las actividades de la vida diaria en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). La maniobra de RLF empezó a despertar el interés de los investigadores a partir de la observación clínica de que los enfermos con enfisema realizaban la espiración con los labios semicerrados de forma espontánea e inconsciente, buscando minimizar la disnea. A pesar de que a mediados de la década de 1950 y principios los años 1960 ya estaba descrita y recomendada la utilización de esta técnica, no fue hasta la mitad de la década de 1960 cuando se publicaron los primeros trabajos sobre la RLF con el objetivo de establecer sus beneficios y efectos fisiológicos. Cuarenta años más tarde, los trabajos publicados aún son pocos y hay un conocimiento escaso de las bases de su eficacia. Los estudios se centran, en su gran mayoría, en enfermos con EPOC, aunque también existen algunos trabajos que señalan su posible beneficio en algunas enfermedades neuromusculares específicas o incluso en el asma inducida por el ejercicio. En esta revisión consideraremos los trabajos publicados (tabla I)<sup>1-15</sup> en que la RLF se evaluó individualmente o en comparación con otras técnicas. Para una mejor comprensión hemos dividido la revisión en varios apartados en que se analiza, respectivamente, el efecto de la RLF sobre la función pulmonar y los gases arteriales, el patrón respiratorio, los músculos respiratorios y la clínica.

### Efecto de la RLF sobre la función pulmonar y los gases arteriales

Nerini et al<sup>13</sup> y Bianchi et al<sup>15</sup> estudiaron los cambios de los volúmenes pulmonares de la caja torácica durante la RLF en pacientes con EPOC. Los autores observa-

ron que los pacientes mostraban una reducción significativa del volumen pulmonar al final de la espiración, tanto más marcada cuanto más intensa era la obstrucción, definida por el volumen espiratorio forzado en el primer segundo. Además, observaron que normalmente estos pacientes realizaban la RLF de forma espontánea. Ugalde et al<sup>12</sup> y Spahija et al<sup>10</sup> también encontraron resultados similares en relación con el volumen pulmonar al final de la espiración. Mecánicamente el volumen pulmonar al final de la espiración representa el punto de equilibrio entre las fuerzas de retracción elástica pulmonar y de la caja torácica. Una disminución del volumen pulmonar al final de la espiración representa un aumento de la retracción elástica del tórax y una energía potencialmente adicional para la inspiración que puede ocurrir pasivamente a través de la energía potencial de la caja torácica al final de la espiración<sup>16-20</sup>.

Muller et al<sup>3</sup> evaluaron el efecto de la RLF sobre la presión arterial de oxígeno, presión arterial de dióxido de carbono y saturación de oxígeno durante el reposo y el ejercicio en pacientes con EPOC. En reposo, se objetivó un incremento significativo de la presión arterial y saturación de oxígeno, así como una disminución significativa de la presión arterial de dióxido de carbono, tanto en los pacientes que referían beneficiarse de la RLF como en los que no encontraban beneficio. Durante el ejercicio, no se observaron cambios significativos en los gases arteriales. Tjep et al<sup>4</sup> evaluaron el efecto en la saturación arterial de oxígeno durante la RLF con un pulsioxímetro de oreja y observaron un incremento significativo de aquella. Ugalde et al<sup>12</sup> encontraron resultados semejantes en individuos sanos y en pacientes con distrofia muscular miotónica. Sin embargo, Roa et al<sup>6</sup> en su estudio no pudieron demostrar los mismos resultados, y el discreto aumento de la saturación arterial de oxígeno alcanzado no fue significativo. Estos hallazgos nos permiten pensar que la RLF puede mejorar el intercambio de los gases en reposo, pero no durante el ejercicio.

### Efecto de la RLF sobre el patrón respiratorio

El patrón respiratorio describe el proceso de intercambio de aire entre el medio ambiente y los pulmones. Las variables que evalúa el patrón respiratorio son muy sensibles a la hora de detectar cualquier cambio en la frecuencia y/o volumen de aire movilizado durante la

Correspondencia: Sr. Guilherme A. de Fregonezi.  
Área de Rehabilitación Respiratoria. Servicio de Neumología.  
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.  
Avda. Sant Antoni M. Claret, 167. 08025 Barcelona. España.  
Correo electrónico: gfreitas@hsp.santpau.es

Recibido: 4-11-2003; aceptado para su publicación: 11-11-2003.

## DE F FREGONEZI GA, ET AL. LA RESPIRACIÓN CON LOS LABIOS FRUNCIDOS

TABLA I  
Resumen de los estudios revisados

Autores	Año	Tipo de estudio	Muestra	Variabes estudiadas
Schimidt et al <sup>1</sup>	1964	Con grupo control	10 sanos, 10 enfisematosos y 7 asmáticos	Capacidad vital
Thoman et al <sup>2</sup>	1966	Sin grupo control	21 EPOC	V <sub>T</sub> , FR, PaCO <sub>2</sub> y volúmenes pulmonares
Muller et al <sup>3</sup>	1970	Aleatorio	12 EPOC	SaO <sub>2</sub> , V <sub>T</sub> , FR, PaO <sub>2</sub> y PaCO <sub>2</sub> , VO <sub>2</sub> y VCO <sub>2</sub>
Tiep et al <sup>4</sup>	1986	Aleatorio cruzado	12 EPOC	SaO <sub>2</sub> , V <sub>T</sub> , FR y V <sub>E</sub>
Wardlaw et al <sup>5</sup>	1987	Aleatorio con grupo control	10 asmáticos	FEV <sub>1</sub>
Roa et al <sup>6</sup>	1991	Sin grupo control	12 EPOC	VO <sub>2</sub> , V <sub>E</sub> , V <sub>T</sub> , FR, SaO <sub>2</sub> , Pg, Ppl, Pdi y disnea
Breslin <sup>7</sup>	1992	Autocontrol	13 EPOC	SaO <sub>2</sub> , FR, V <sub>T</sub> , Ppl, Pg, Pdi y TTDi
Spahija et al <sup>8</sup>	1993	Sin grupo control	6 EPOC	V <sub>T</sub> , T <sub>E</sub> , T <sub>I</sub> , T <sub>TOT</sub> , Pes, disnea y EAV
Breslin et al <sup>9</sup>	1996	Autocontrol	13 EPOC	EMG muscular abdominal, Pga, V <sub>T</sub> , FR, T <sub>I</sub> /T <sub>TOT</sub> y Borg
Spahija y Grassino <sup>10</sup>	1996	Autocontrol	11 sanos	Patrón ventilatorio, EELV, mecánica respiratoria y Rece. musc.
Van der Sahans et al <sup>11</sup>	1997	Autocontrol	12 asmáticos	FVC, V <sub>T</sub> y EMG de músculos escalenos, paraesternal y abdominal
Ugalde et al <sup>12</sup>	2000	Con grupo control	13 sanos 11 DMM	EMG muscular abdominal, pletismografía abdominal y de la caja torácica, V <sub>T</sub> , FR, SaO <sub>2</sub> , Borg y EELV
Nerini et al <sup>13</sup>	2001	Sin grupo control	5 EPOC	Volúmenes de la caja torácica, V <sub>T</sub> , FR, V <sub>E</sub> y EELV
Jones et al <sup>14</sup>	2003	Aleatorio	30 EPOC	VO <sub>2</sub> y FR
Bianchi et al <sup>15</sup>	2003	Sin grupo control	30 EPOC	Volúmenes de la caja torácica y EELV

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; DMM: distrofia muscular miotónica; V<sub>T</sub>: volumen corriente; FR: frecuencia respiratoria; PaCO<sub>2</sub>: presión arterial del dióxido de carbono; PaO<sub>2</sub>: presión arterial del oxígeno; SaO<sub>2</sub>: saturación arterial de oxígeno; VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno; VCO<sub>2</sub>: producción de dióxido de carbono; V<sub>E</sub>: volumen minuto; FVC: capacidad vital forzada; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; Pg: presión gástrica; Ppl: presión pleural; Pdi: presión transdiafragmática; Pes: presión esofágica; TTDi: índice tiempo/tensión del diafragma; T<sub>E</sub>: tiempo espiratorio; T<sub>I</sub>: tiempo inspiratorio; T<sub>TOT</sub>: tiempo total del ciclo respiratorio; EAV: escala análogica visual; EMG: eletromiografía; EELV: volumen pulmonar espiratorio final.

respiración. Además, el patrón respiratorio nos permite analizar la mecánica ventilatoria y la regulación de la ventilación frente a los diversos factores que influyen en la demanda y oferta de oxígeno.

En pacientes con EPOC, autores como Thoman et al<sup>2</sup>, Muller et al<sup>3</sup>, Tiep et al<sup>4</sup>, Roa et al<sup>6</sup> y otros<sup>7-9,19</sup> han descrito la eficacia de la RLF a la hora de modular la respiración a través de una disminución significativa de la frecuencia respiratoria y el aumento del volumen corriente durante el reposo, lo que indicaría que este tipo de respiración ofrece un patrón respiratorio más efectivo que la respiración espontánea en pacientes con EPOC. En su estudio, Muller et al<sup>3</sup> dividieron a los enfermos en 2 grupos: los que referían beneficiarse de la RLF, que presentaron un incremento del volumen corriente y una disminución de la frecuencia respiratoria significativas durante la utilización de la RLF, y otro grupo de pacientes que decían no obtener beneficio con la RLF, en los cuales se evidenció que existía también una disminución significativa de la frecuencia respiratoria pero ningún cambio en el volumen corriente. Estos resultados respaldarían la idea de que este tipo de patrón respiratorio no siempre es beneficioso para todos los pacientes. Por otro lado, Ugalde et al<sup>12</sup>, que estudiaron el efecto de la RLF en pacientes con distrofia muscular miotónica, encontraron resultados similares a los hallados en los pacientes con EPOC. Los autores justificaron los hallazgos de la mejoría en el patrón respiratorio por una disminución del volumen pulmonar al final de la espiración. Paralelamente, Spahija y Grassino<sup>10</sup> señalan en su estudio que una disminución del 3 al 4% del

volumen pulmonar al final de la espiración en pacientes con EPOC podría interpretarse como una ventaja biomecánica en la fase inspiratoria de la respiración. Otros autores también apuntan el mismo fenómeno<sup>20-23</sup>. Finalmente, en pacientes con asma, Van der Sahans et al<sup>11</sup> también confirmaron los resultados beneficiosos de la RLF inducida experimentalmente por una válvula de presión espiratoria positiva graduada con 5 cmH<sub>2</sub>O. Los resultados mostraron un incremento del volumen corriente, tanto cuando no había obstrucción como durante la crisis de broncoespasmo inducida con propanolol. Durante el ejercicio apenas hay conocimientos de la eficiencia de la RLF, aunque algunos autores<sup>3,10</sup> observaron los mismos resultados en relación con el volumen corriente y la frecuencia respiratoria en situación de reposo en los pacientes con EPOC y en individuos sanos. Estos 2 únicos trabajos nos permiten afirmar que la RLF favorece durante el ejercicio la adopción de un patrón respiratorio más próximo a la respiración en condiciones basales que la realizada durante el ejercicio sin la utilización de la RLF. Algunos autores como Muller et al<sup>3</sup> observaron que la RLF determinaba una disminución significativa del volumen minuto en los pacientes con EPOC, tanto en reposo como durante el ejercicio. Sin embargo, otros estudios<sup>4,6,13</sup> mostraron que no existían diferencias significativas en el volumen minuto. Recientemente Ugalde et al<sup>12</sup> han objetivado beneficios similares a los descritos por Muller et al<sup>3</sup> en pacientes con distrofia muscular miotónica y en individuos sanos. Los resultados son escasos en relación con el volumen minuto y controvertidos, pero nos permiten decir que

## DE F FREGONEZI GA, ET AL. LA RESPIRACIÓN CON LOS LABIOS FRUNCIDOS

durante la RLF el incremento del volumen corriente es suficiente en relación con la disminución de la frecuencia respiratoria para conseguir mantener un volumen minuto inalterado.

Las variables de tiempo del patrón respiratorio también fueron objeto de estudio de algunos autores durante la realización de la RLF. Breslin<sup>7</sup> y Spahija et al<sup>8</sup> encontraron una disminución significativa del índice fracción del tiempo de la inspiración/tiempo total y en el índice tiempo/tensión del diafragma en pacientes con EPOC. Saphija y Grassino<sup>10</sup>, en otro estudio realizado en individuos sanos, pudieron observar que la RLF incrementaba el tiempo espiratorio y el tiempo total tanto en reposo como durante el ejercicio y que además aparecía un incremento significativo del tiempo de la inspiración durante el esfuerzo.

En resumen, el impacto de la RLF sobre el patrón respiratorio parece ser positivo, tanto en reposo como durante el ejercicio, ya que favorece la respiración con una espiración más prolongada y con una disminución del volumen pulmonar al final de la espiración, lo que lleva a una frecuencia respiratoria más baja y a un volumen corriente más elevado; el resultado final de todo esto es una mejoría en la eficacia de la ventilación.

### Efecto de la RLF sobre los músculos respiratorios

Los músculos respiratorios son los responsables de mantener una ventilación adecuada. Existen diversas variables para evaluar la fuerza y la resistencia de los músculos respiratorios. La medida de las presiones respiratorias máximas, tanto inspiratorias como espiratorias, la de la ventilación voluntaria máxima o la de la presión transdiafragmática son algunos ejemplos. La medida dinámica de los músculos respiratorios durante el ciclo respiratorio se realiza fundamentalmente a través del estudio de la presión intratorácica (presión pleural), medida a la altura del esófago, y de la presión abdominal, medida en la zona gástrica, o también mediante la pletismografía de la superficie torácica. La electromiografía de los músculos de la caja torácica no invasiva (electrodos de superficie) o invasiva permite evaluar también el funcionamiento de los músculos respiratorios.

Roa et al<sup>6</sup>, que analizaron el reclutamiento de los músculos respiratorios y el trabajo respiratorio durante la realización de la RLF en los pacientes con EPOC, observaron una disminución significativa de las presiones gástrica y pleural durante la fase inspiratoria y un incremento del trabajo respiratorio. Este aumento se atribuyó a un incremento del trabajo de los músculos de la caja torácica (intercostales) al objetivarse una disminución del trabajo del diafragma como consecuencia de la existencia de una presión pleural más negativa y una presión gástrica disminuida en la fase inspiratoria. Breslin<sup>7</sup>, en su estudio, además de confirmar los resultados anteriores, observó un reclutamiento de los músculos abdominales durante todo el ciclo respiratorio y una disminución significativa del índice tensión/tiempo del músculo diafragma. En otro trabajo, Breslin et al<sup>9</sup> utilizaron la medida de la presión gástrica y la electromiografía muscular de superficie en pacientes con EPOC y

podieron confirmar un incremento de la presión gástrica durante la espiración, además de observar que todos los músculos abdominales evaluados incrementaban su contracción. Spahija y Grassino<sup>10</sup>, que estudiaron a sujetos sanos, y Ugalde et al<sup>12</sup>, en pacientes con distrofia muscular miotónica, llegaron a las mismas conclusiones. De todos estos resultados se puede concluir que durante la RLF existe un mayor reclutamiento de los músculos abdominales y se consigue una mayor expansión de la caja torácica, tanto en reposo como durante el ejercicio. Por otro lado, Van der Sahans et al<sup>11</sup> evaluaron, a través de la electromiografía, los efectos de la RLF sobre la actividad de los músculos escalenos, paraesternal y abdominales durante la contracción tónica y fásica, en pacientes con asma después de la administración de propanolol, y observaron que estos músculos aumentaron su trabajo principalmente durante la actividad fásica.

En conclusión, se puede afirmar que la RLF determina un cambio en el modelo de reclutamiento de los músculos respiratorios. La RLF provoca un incremento del reclutamiento de los músculos accesorios de la caja torácica y un aumento de la actividad de los músculos abdominales durante todo el ciclo respiratorio, a la vez que una reducción del reclutamiento muscular diafragmático. Todos estos cambios conducen a los pacientes con EPOC a una respiración más eficiente, con un menor gasto de oxígeno<sup>14</sup> y, en consecuencia, a una disminución de la propensión del diafragma a desarrollar fatiga durante períodos de crisis o esfuerzo físico.

### Efectos clínicos de la RLF

Schmit et al<sup>1</sup> fueron los primeros autores que hipotetizaron sobre el impacto de la RLF en la disnea de los pacientes con enfisema, los cuales realizan la RLF de forma espontánea. A partir de sus resultados los autores apuntaban que la disminución de la disnea en estos pacientes se producía por la reducción en la variación de los flujos espiratorios, lo que ocasiona una disminución del efecto Bernoulli creado por el flujo de aire, con lo cual disminuye la tendencia al colapso de las vías aéreas. Sin embargo, Breslin et al<sup>9</sup> evaluaron la disnea a través de la escala de Borg en pacientes con EPOC, comparando la respiración espontánea con la RLF, y observaron que con ésta no se reducía el grado de disnea, e incluso podría incrementarse significativamente en algunos pacientes, a pesar de que se conseguía un aumento de la ventilación. Roa et al<sup>6</sup> constataron estos resultados en pacientes con EPOC y Ugalde et al<sup>12</sup> en pacientes con distrofia muscular miotónica y en individuos sanos. Estos últimos autores pudieron además evidenciar que la fatiga y el esfuerzo respiratorio, cuantificados también por la escala de Borg, estaban aumentados con la RLF. Finalmente, Spahija et al<sup>8</sup> estudiaron los efectos de la RLF durante ejercicio submáximo en la EPOC. En condiciones basales ninguno de sus pacientes presentaba disnea, pero durante el ejercicio la disnea fue más intensa en los pacientes que realizaban la RLF que en los que no la utilizaban. A partir de estos estudios podemos decir que en la EPOC y en la distrofia muscular miotónica el efecto de la RLF sobre la disnea todavía no está

## DE F FREGONEZI GA, ET AL. LA RESPIRACIÓN CON LOS LABIOS FRUNCIDOS

claro. A pesar de que algunos pacientes se sienten aliviados, los resultados publicados hasta ahora contradicen este hecho.

Wardlaw et al<sup>5</sup> observaron, durante una maniobra de broncoconstricción inducida por la hiperventilación, que la mayoría de los pacientes no presentaban broncoconstricción (medida por el volumen espiratorio forzado en el primer segundo) cuando utilizaban la RLF. Esta observación les llevó a plantear que la realización de RLF podría ser beneficiosa en los pacientes con asma inducida por el ejercicio.

Jones et al<sup>14</sup> analizaron el consumo de oxígeno y las implicaciones clínicas de la aplicación de ejercicios respiratorios (entre ellos la RLF) en pacientes con EPOC. En comparación con la respiración espontánea, el consumo de oxígeno estaba reducido significativamente en todos los patrones respiratorios estudiados: ventilación diafragmática, RLF o la combinación de la ventilación diafragmática con RLF. Esta última demostró producir el consumo de oxígeno más bajo, seguido de la ventilación diafragmática y de la asociación de la RLF con la ventilación diafragmática. A partir de estos resultados los autores plantearon que convendría educar a los pacientes con EPOC para que adoptaran patrones respiratorios con un menor consumo de oxígeno, con el objetivo de minimizar la demanda metabólica de la respiración.

### Conclusión

A partir de los resultados descritos en la bibliografía, podríamos concluir que la RLF puede proporcionar un beneficio sobre la función respiratoria en pacientes con patologías respiratorias primarias o secundarias a otras enfermedades. La RLF se acompaña de un tipo de patrón respiratorio que produce una ventilación más fisiológica y eficiente. La resistencia espiratoria aplicada por los labios determina un importante cambio en las variables temporales del patrón ventilatorio y en el reclutamiento muscular respiratorio. En consecuencia, se observan un aumento del volumen corriente, un mejor intercambio gaseoso y una disminución en el consumo de oxígeno. Sin embargo, no existen evidencias del impacto de la RLF sobre la disnea. En algunos pacientes parece disminuir con la RLF pero, cuando se cuantifica, hay evidencia de que se incrementa en otros muchos. Es posible que la RLF aumente esta sensación, al existir una mayor utilización de los músculos accesorios de la respiración, menos resistentes a la fatiga. Desde nuestro punto de vista, y a pesar de las discrepancias entre los escasos estudios que hay sobre el efecto de la RLF, consideramos que la inclusión de la técnica de los labios fruncidos en los programas de fisioterapia respiratoria puede ser una estrategia más para conseguir mejorar la eficiencia de la respiración en los pacientes con EPOC, asma y enfermedades neuromusculares con participación respiratoria, como la distrofia muscular miotónica.

### BIBLIOGRAFÍA

- Schmidt RW, Wasserman K, Lillington GA. The effect of air flow and oral pressure on the mechanics of breathing in patients with asthma and emphysema. *Am Rev Respir Dis* 1964;90:564-71.
- Thoman RL, Stoker GL, Ross JC. The efficacy of pursed-lips breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1966;93:100-6.
- Mueller RE, Petty TL, Filley GF. Ventilation and arterial blood gas changes induced by pursed lips breathing. *J Appl Physiol* 1970; 28:784-9.
- Tiep BL, Burns M, Kao D, Madison R, Herrera J. Pursed lips breathing training using ear oximetry. *Chest* 1986;90:218-21.
- Wardlaw JM, Fergusson RJ, Tweeddale PM, Mchardy GJ. Pursed-lips breathing reduces hyperventilation-induced bronchoconstriction. *Lancet* 1987;27:1483-4.
- Roa J, Epstein S, Breslin E, Shannon T, Celli B. Work of breathing and ventilatory muscle recruitment during pursed lips breathing in patients with chronic airway obstruction [resumen]. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:A77.
- Breslin EH. The pattern of respiratory muscle recruitment during pursed-lips breathing. *Chest* 1992;101:75-8.
- Spahija J, Marchie M, Grassino A. Pursed-lips breathing during exercise increases dyspnea [resumen]. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147:A729.
- Breslin EH, Ugalde V, Bonekat HW, Walsh S, Cronan M, Horasek S. Abdominal muscle recruitment during pursed-lips breathing in COPD [resumen]. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:A128.
- Spahija JA, Grassino A. Effects of pursed-lips breathing and expiratory resistive loading in healthy subjects. *J Appl Physiol* 1996; 80:1772-84.
- van der Sahans CP, de Jong W, de Vries G, Postuma DS, Koeter GH, Van der Mark TW. Respiratory muscle activity and pulmonary function during acutely induced airways obstruction. *Physiother Res Int* 1997;2:167-77.
- Ugalde V, Breslin EH, Walsh SA, Bonekat HW, Abresch Carter GT. Pursed lips breathing improves ventilation in myotonic muscular dystrophy. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81:472-8.
- Nerini M, Gigliotti F, Lanini I, Grazzini M, Stendardi C, Castellani R, et al. Changes in global and compartmental lung volumes during pursed lip breathing (PBL) in COPD patients [resumen]. *Eur Respir J* 2001;18(Suppl 33):489.
- Jones AYM, Dean E, Chow CCS. Comparison of the oxygen cost of breathing exercise and spontaneous breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Physical Therapy* 2003;83:424-31.
- Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, Lanini B, Castellani C, Grazzini M, et al. Patterns of chest wall kinematics during pursed-lip breathing in patients with COPD [resumen]. *Eur Respir J* 2003;22(Suppl 45):551.
- Tisi GM. *Pulmonary physiology in clinical medicine*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998.
- Henke KG, Sharratt M, Pegelow D, Dempsey JA. Regulation of end-expiratory lung volume during exercise. *J Appl Physiol* 1988; 64:135-46.
- Sliwinski P, Kaminski D, Zielinski J, Yan S. Partitioning of the elastic work of inspiration in patients with COPD during exercise. *Eur Respir J* 1998;11:416-21.
- De Troyer A, Estenne M, Ninane V, Van GD, Gorini M. Transversus abdominis muscle function in humans. *J Appl Physiol* 1990; 68:1010-6.
- Hodges PW, Gandevia SC, Richardson CA. Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers. *J Appl Physiol* 1997;83:753-60.
- Alivert A, Cala SJ, Duranti R, Ferrigno G, Kenyon CM, Pedotti A, et al. Human respiratory muscle actions and control during exercise. *J Appl Physiol* 1997;83:1256-69.
- Goldman JM, Lehr RP, Millar AB, Silver JR. An electromyographic study of the abdominal muscles during postural and respiratory manoeuvres. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1987;50:866-9.
- Goldman JM, Silver JR, Lehr RP. An electromyographic study of the abdominal muscles of tetraplegic patients. *Paraplegia* 1986;24:241-6.