
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

EMILIO AGOSTONI, EDGARDO D'ANGELO, GIORGIO
TORRI, LINDA RAVENNA

**Effetto di carichi elastici non uniformi sulle
caratteristiche del respiro di soggetti anestetizzati e
svegli**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 61 (1976), n.5, p. 513–516.*
Accademia Nazionale dei Lincei

http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1976_8_61_5_513_0

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Fisiologia. — *Effetto di carichi elastici non uniformi sulle caratteristiche del respiro di soggetti anestetizzati e svegli* (*). Nota di EMILIO AGOSTONI, EDGARDO D'ANGELO, GIORGIO TORRI e LINDA RAVENNA, presentata (**) dal Corrisp. E. AGOSTONI.

SUMMARY. — In anesthetized subjects rib cage strapping (RCS) did not change tidal volume (V_T) and increased ventilation (\dot{V}), whereas abdomen strapping (AS) decreased markedly V_T and \dot{V} . Both kinds of strapping decreased expiratory duration (T_E), but did not change inspiratory duration (T_I) and breathing rate. RCS and AS decreased lung volume by about 200 ml and increased the elastance of the respiratory system by 12 cm H₂O/l and 9 cm H₂O/l, respectively. The changes produced are mainly due to mechanical factors, though reflexes seem to be also operating in some cases. In conscious subjects RCS decreased V_T , T_I , T_E and did not change \dot{V} , whereas AS did not change these parameters. The different changes in conscious and anesthetized subjects show the effects of cortical influences, which explain also in part the different effect elicited in conscious subjects by RCS and AS. The effects produced by RCS are mainly due to the sensation of hindrance to rib cage expansion, rather than to that of rib cage squeezing, as shown by experiments of RCS without reduction of rib cage volume.

La risposta ventilatoria a carichi elastici uniformi (cioè respirazione da un recipiente rigido) è già stata studiata nell'uomo (Campbell e Coll., 1961; Bland e Coll., 1967; Margaria e Coll., 1973). D'altra parte, nella vita di tutti i giorni e in patologia si ha a che fare con carichi non uniformi. Sperimentalmente, il più semplice carico elastico non uniforme è costituito dalla costruzione della gabbia toracica o dell'addome. Lo scopo di questa ricerca è quindi quello di determinare l'effetto della costrizione della gabbia toracica o dell'addome, con piccola riduzione del volume polmonare, sulle caratteristiche del respiro in soggetti anestetizzati e svegli.

Gli esperimenti sono stati eseguiti su 12 uomini anestetizzati con Nembutal e 8 svegli. I soggetti anestetizzati erano supini e respiravano attraverso un tubo tracheale e un pneumotacografo, il cui segnale era integrato per ottenere il volume corrente. Il volume di fine espirazione era ridotto di 150-300 ml dalla costrizione della gabbia toracica o dell'addome, eseguita con un corsetto di tela. Nella costrizione dell'addome si introduceva tra la parete anteriore dell'addome e la tela un'asse di legno o un sacchetto di cotone. Tre soggetti anestetizzati vennero anche paralizzati in modo da determinare l'elastanza dell'apparato respiratorio nella zona del volume corrente prima e durante la costrizione. I soggetti svegli, in posizione seduta o supina, respiravano attraverso una maschera facciale munita di valvole: l'aria inspirata proveniva

(*) Ricerca eseguita negli Istituti di Fisiologia Umana (I Cattedra) e di Anestesiologia e Rianimazione dell'Università di Milano, con il contributo del C.N.R.

(**) Nella seduta del 13 novembre 1976.

da un pletismografo corporeo a volume variabile, mentre quella espirata andava in un sacco di gomma posto nel pletismografo stesso.

Soggetti anestetizzati. In media durante costrizione della gabbia toracica il volume corrente (V_T) e la durata dell'inspirazione (T_I) non variavano, la durata dell'espirazione (T_E) diminuiva, la frequenza respiratoria (f) aumentava leggermente e la ventilazione (\dot{V}) aumentava (Tabella I). L'elastanza del sistema respiratorio aumentava da $15,7 \pm 1,2$ (E.S.) cm H₂O/l a $27,7 \pm 0,3$ cm H₂O/l. Durante costrizione dell'addome V_T diminuiva, T_I non variava, T_E diminuiva, f non variava e \dot{V} diminuiva (Tabella I). L'elastanza aumentava a $24,7 \pm 0,9$ cm H₂O/l.

Gli effetti su T_E e particolarmente su f erano piccoli e non diversi tra i due tipi di costrizione. Solo in quei soggetti in cui vi era una netta riduzione di T_E e un aumento della frequenza è probabile che vi fosse un debole riflesso (di origine incerta), agente sui tempi della respirazione. Una maggior riduzione di V_T durante costrizione dell'addome era prevedibile dato che in posizione supina il contributo volumetrico dello spostamento del diaframma è maggiore di quello della gabbia toracica (Agostoni, 1970). Ambedue i tipi di costrizione aumentano l'efficienza della contrazione del diaframma con meccanismi diversi. Le conoscenze di meccanica respiratoria non sono, tuttavia, tali da poter determinare quanto questa aumentata efficienza possa compensare la notevole riduzione di V_T dovuta alla ridotta espansibilità della regione costretta. D'altra parte, nei soggetti in cui V_T aumentava più del 10% durante costrizione della gabbia toracica e nei 2 in cui V_T non variava durante costrizione dell'addome è verosimile che vi fosse un aumento riflesso dell'attività inspiratoria. Questo riflesso non è lo stesso postulato precedentemente, perché in questi soggetti non diminuiva T_E .

La costrizione della gabbia toracica aumentava la ventilazione nella maggior parte dei soggetti. Dato che V_T non diminuiva, la ventilazione alveolare era pure aumentata. Un carico elastico uniforme diminuisce invece la ventilazione (come la costrizione dell'addome) a causa della diminuzione di V_T (Campbell e Coll., 1961; Margaria e Coll., 1973).

Soggetti svegli. In media durante la costrizione della gabbia toracica V_T , T_I e T_E diminuivano, f aumentava e \dot{V} non variava in ambedue le posture (Tabella II). Durante la costrizione dell'addome non si verificava alcuna variazione significativa (Tabella II).

Questi risultati dimostrano che la risposta ventilatoria alla costrizione della gabbia toracica è diversa da quella alla costrizione dell'addome e che alcune delle risposte nel soggetto sveglio sono opposte a quelle nel soggetto anestetizzato. Le notevoli differenze tra soggetti anestetizzati e svegli indicano che le risposte ottenute in questi ultimi sono ampiamente influenzate dalla corteccia. Un carico elastico uniforme superiore a 10 cm H₂O/l produce una diminuzione di V_T e un aumento di f (Freedman and Weinstein, 1966; Bland e Coll., 1967; Margaria e Coll., 1973). Caro e Coll. (1960) osservarono che una marcata compressione della gabbia toracica, comportante una riduzione

TABELLA I

Variazioni percentuali medie del volume corrente (V_T), della durata inspiratoria (T_I) ed espiratoria (T_E), della frequenza respiratoria (f), della ventilazione (\dot{V}) e variazione del volume di fine espirazione (ΔFRC) in 12 soggetti anestetizzati durante costrizione della gabbia toracica o dell'addome.

| | V_T | T_I | T_E | f | \dot{V} | ΔFRC ml |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Costrizione gabbia toracica | + 5,9 ± 2,9 ⁽¹⁾ | - 0,1 ± 1,5 | - 6,8 ± 2,3 ⁽²⁾ | + 4,4 ± 1,9 ⁽²⁾ | + 9,6 ± 2,3 ⁽³⁾ | - 239,6 ± 18,6 |
| Costrizione addome . . | - 22,8 ± 4,4 ⁽³⁾ | + 3,3 ± 2 | - 10,1 ± 2,6 ⁽³⁾ | + 5,4 ± 2,5 | - 18,4 ± 5,6 ⁽³⁾ | - 220,8 ± 14,4 |

(1) Errore standard. (2) 0,01 < P < 0,05. (3) P < 0,01.

TABELLA II

Variazioni percentuali medie del volume corrente (V_T), della durata inspiratoria (T_I) ed espiratoria (T_E), della frequenza respiratoria (f), della ventilazione (\dot{V}) e variazione del volume di fine espirazione (ΔFRC) in 8 soggetti svegli durante costrizione della gabbia toracica o dell'addome.

| | V_T | T_I | T_E | f | \dot{V} | ΔFRC ml |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------|
| <i>Seduti</i> | | | | | | |
| Costrizione gabbia toracica . . . | - 11,2 ± 3 ⁽¹⁾ ⁽³⁾ | - 14,9 ± 2,7 ⁽³⁾ | - 15,8 ± 3,2 ⁽³⁾ | + 18,6 ± 4,3 ⁽³⁾ | + 5,6 ± 3 | - 236 ± 27 |
| Costrizione addome . . | + 6,8 ± 3,9 | + 7 ± 3,8 | + 8,3 ± 3,5 | - 5,8 ± 2,5 | - 1 ± 1,8 | - 263 ± 21 |
| <i>Svegli</i> | | | | | | |
| Costrizione gabbia toracica . . . | - 10,1 ± 3,2 ⁽³⁾ | - 8,6 ± 2,3 ⁽³⁾ | - 8,4 ± 3,7 | + 11,3 ± 4 ⁽²⁾ | - 3,6 ± 2,5 | - 212 ± 20 |
| Costrizione addome . . | - 3,5 ± 2,1 | + 1,9 ± 3,1 | - 1,3 ± 2,6 | + 0,4 ± 2,7 | - 3,6 ± 1,9 | - 180 ± 19 |

(1) Errore standard. (2) 0,01 < P < 0,05. (3) P < 0,01.

del volume polmonare di fine espirazione di circa 1 l, produceva una riduzione di V_T del 23 % e un aumento di f del 28 %. McIlroy e Coll. (1962) con una compressione simile trovarono un aumento di f del 38 %. Bland e Coll. (1967) con una compressione, che era circa un quarto di quella di McIlroy e Coll., trovarono una riduzione di V_T del 15 % e un aumento di f del 18 %; inoltre essi ottennero lo stesso risultato quando impedivano la riduzione di volume polmonare applicando una pressione positiva alle vie aeree. Questo fa ritenere che la riduzione di volume polmonare non provochi nell'uomo un aumento di frequenza ed è in accordo con la comune osservazione che la notevole riduzione di volume polmonare che avviene quando si passa dalla posizione eretta a quella supina non è accompagnata da un aumento di f . Questa variazione di postura implica anche una variazione di forma della gabbia toracica (e quindi del polmone), poiché in posizione eretta il volume della gabbia toracica è minore che in posizione supina (Agostoni, 1970): quindi anche la variazione di forma non sembra essere la causa dell'aumento di f . D'altra parte un aumento di f avviene con carichi elastici uniformi, che non comportano né una variazione di forma, né una riduzione di volume, ma solo una riduzione dell'espansione del sistema durante l'inspirazione. Sette degli otto soggetti esaminati sentivano un maggior impedimento alla respirazione durante la costrizione della gabbia toracica che durante quella dell'addome. Questa diversa sensazione è in accordo con il fatto che in alcuni soggetti si verificano uno o più atti respiratori molto ampi quando si allentava il corsetto sulla gabbia toracica, mentre ciò non si verificava quando si allentava quello sull'addome e, con ambedue i tipi di costrizione, nei soggetti anestetizzati. Questi risultati indicano che nel soggetto sveglio è insito un bisogno di movimenti della gabbia toracica. Per determinare l'effetto prodotto dalla limitazione dell'espansione della gabbia toracica il corsetto veniva applicato in due soggetti senza ridurre il volume polmonare e quindi quello della gabbia toracica. L'aumento di f era 35 % e 81 % del corrispondente aumento ottenuto nei due soggetti con la costrizione della gabbia toracica comportante una riduzione del volume polmonare di circa 200 ml. Tenendo conto che, quando il corsetto è applicato senza ridurre il volume polmonare, la sensazione è minore perché la gabbia toracica può espandersi un poco prima che il corsetto entri in tensione, questi risultati dimostrano che la sensazione prodotta dalla limitata espansione della gabbia toracica è il principale fattore responsabile delle variazioni ventilatorie che avvengono nel soggetto sveglio durante costrizione della gabbia toracica.

BIBLIOGRAFIA

- AGOSTONI E. (1970) - *Kinematics*. In: *The Respiratory Muscles, Mechanics and Neural Control* (E. J. M. Campbell, E. Agostoni and J. Newson Davis, Editors). Lloyd-Luke, London.
- BLAND S., LAZEROU L., DYCK G. e CHERNIACK R. M. (1967) - *The influence of the « chest wall » on respiratory rate and depth*, « *Respir. Physiol.* », **3**, 47-54.

- CAMBELL E. J. M., DINNICK D. T. e HOWELL J. B. L. (1961) - *The immediate effects of elastic loads on the breathing of man*, « J. Physiol. (London) », 156, 260-273.
- CARO C. G., BUTLER J. e DU BOIS A. B. (1960) - *Some effects of restrictions of chest cage expansion on pulmonary function in man: an experimental study*, « J. Clin. Invest. », 39, 753-583.
- FREEDMAN S. e WEINSTEIN S. A. (1966) - *Effects of external elastic and threshold loading on breathing in man*, « J. Appl. Physiol. », 20, 449-472.
- MARGARIA C. E., ISCOE S., PENGELLY L. D., COUTURE J., DON H. e MILIC-EMILI J. (1973) - *Immediate ventilatory response to elastic loads and positive pressure in man*, « Respir. Physiol. », 18, 347-369.
- MCILROY N. B., BUTLER J. e FINLEY T. N. (1962) - *Effects of chest compression on reflex ventilatory drive and pulmonary function*, « J. Appl. Physiol. », 17, 701-705.