
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

EMILIO AGOSTONI, EDGARDO D'ANGELO, MARCO
PIOLINI

**Modalità del respiro nell'uomo sottoposto a carichi
elastici inspiratori**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 63 (1977), n.5, p. 454–457.*
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1977_8_63_5_454_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. — *Modalità del respiro nell'uomo sottoposto a carichi elastici inspiratori*^(*). Nota di EMILIO AGOSTONI, EDGARDO D'ANGELO e MARCO PIOLINI, presentata^(**) dal Corrisp. E. AGOSTONI.

SUMMARY. — The breathing pattern was studied in man during inspiratory elastic load applied throughout the breathing cycle (CL) or inspiration only (DL). V_T decreased similarly under both loads — 40% during the 1st loaded breath (1st), 25% after 1 min (min) — as did T_i (15% at 1st, 25% at min); T_e decreased by 35% under CL, 25% under DL, at both times. Under DL expiratory flow started after a lag of 0.4 sec, required to raise alveolar pressure above atmospheric pressure. In all subjects the inspiratory drive was increased at 1st and in 6 out of 8 the ventilatory response at min was essentially neurogenic. The rate of decrease of inspiratory muscle pressure during the period of zero flow under DL was proportional to end-inspiratory muscle pressure ($P_{m_{e,i}}$) and to $P_{m_{e,i}}/T_i$. At the beginning of expiration dP_{mus}/dt was greater under DL: in this period the difference of P_{mus} between CL and DL seems mainly due to intrinsic muscle properties.

Si è studiata la risposta ventilatoria a carichi elastici inspiratori applicati durante tutto il ciclo respiratorio (carico continuo) o solo nell'inspirazione (carico discontinuo) e si è analizzata la diversa condizione meccanica nei due tipi di carico. Risulta infatti dalla letteratura (Campbell e Coll., 1961; Bland e Coll., 1967; Pope e Coll., 1968 e Margaria e Coll., 1973) che le ricerche su questo argomento sono poco sistematiche e non si è tenuto conto delle diverse condizioni meccaniche comportate dai due tipi di carico.

Gli esperimenti sono stati eseguiti su 8 soggetti di ambo i sessi, di cui solo uno era al corrente dello scopo della ricerca ed aveva già servito come soggetto in esperimenti di questo tipo. Il soggetto, in posizione seduta, inspirava da un recipiente rigido con una elastanza di circa 28 cm H_2O/l ed espirava in un sacco contenuto nel recipiente stesso (carico continuo) o all'esterno (carico discontinuo).

Le variazioni del volume corrente (V_T), della durata dell'inspirazione (T_i) e dell'espirazione (T_e), della frequenza respiratoria (f), della ventilazione ($\dot{V}$) e della pressione nelle vie aeree alla fine dell'inspirazione ($\Delta P_{alv_{e,i}}$) sono riportate nella Tabella I. La riduzione della durata dell'espirazione nel carico discontinuo era significativamente minore che nel carico continuo, infatti durante il carico discontinuo il flusso espiratorio inizia solo dopo una pausa (T_{e_z}) corrispondente al tempo necessario affinché la pressione alveolare, che è subatmosferica alla fine della inspirazione (v. Tabella I), diventi maggiore di quella atmosferica. T_{e_z} era 0.41 ± 0.04 sec nel primo atto sotto carico

(*) Ricerca eseguita nell'Istituto di Fisiologia Umana (1^a cattedra) dell'Università di Milano con il contributo del CNR.

(**) Nella seduta del 18 novembre 1977.

TABELLA I

Frazioni di valori di controllo di volume corrente (V_T), durata dell'inspirazione (T_i) e dell'espirazione (T_e), frequenza respiratoria (f), ventilazione ($\dot{V}$) e pressione nelle vie aeree alla fine dell'inspirazione (ΔP_{alv}) durante carico elastico inspiratorio (1).

CONDIZIONE		V_T	T_i	T_e	f	$\dot{V}$	$\Delta P_{alv.i.}$ cmH ₂ O
1° respiro sotto carico	Continuo	0.61 ± 0.09 (*)	0.82 ± 0.06 (*)	0.65 ± 0.02 (*)	1.42 ± 0.06 (*)	0.84 ± 0.10	-10.8 ± 2.2
	Discontinuo	0.60 ± 0.10 (*)	0.85 ± 0.05 (*)	0.79 ± 0.04 (*)	1.25 ± 0.05 (*)	0.71 ± 0.10 (*)	-10.2 ± 2.2
Dopo 1 min di carico	Continuo	0.73 ± 0.04 (*)	0.74 ± 0.01 (*)	0.63 ± 0.03 (*)	1.51 ± 0.05 (*)	1.10 ± 0.08	-13.5 ± 1.5
	Discontinuo	0.81 ± 0.06 (*)	0.76 ± 0.02 (*)	0.74 ± 0.02 (*)	1.37 ± 0.03 (*)	1.08 ± 0.07	-15.0 ± 1.8

(1) Media di 8 soggetti $\pm$ errore standard.

(*) Significativamente diverso dal controllo.

e 0.44 ± 0.05 sec dopo 1 min di carico. Questo tempo indica che la persistente attività dei muscoli inspiratori nella prima parte dell'espiazione non decresce rapidamente anche in queste condizioni.

La pressione dei muscoli inspiratori alla fine della inspirazione ($P_{mus_{e.i.}}$) nel primo atto sotto carico era marcatamente superiore a quella di controllo in 6 su 8 soggetti, inoltre il rapporto $P_{mus_{e.i.}}/T_i$ era marcatamente aumentato in tutti i soggetti. Dato che durante il primo atto sotto carico lo stimolo chimico non può essere ancora aumentato, questi risultati dimostrano che il carico elastico inspiratorio produce per via nervosa un aumento dello stimolo ai muscoli inspiratori. Per lo stesso motivo, è di natura nervosa l'accorciamento di T_i , significativo in 5 soggetti, e quello di T_e , significativo in tutti. In tutti i soggetti con carichi discontinui la prima espiazione terminava ad un volume 100-200 ml inferiore a quello di controllo. Questo indica un reclutamento dei muscoli espiratori per aumentare V_T . Il fenomeno si riduceva, tuttavia, dopo 1 min di carico.

Dopo 1 min di carico la ventilazione era maggiore che nel primo atto per un aumento di V_T e un'ulteriore riduzione di T_i . La pressione di CO_2 nell'aria alveolare (PA_{CO_2}) era aumentata di 4 o 6 mm Hg in 2 soggetti, mentre in tutti gli altri essa non era variata significativamente o era diminuita. Quindi in questi soggetti la risposta ventilatoria dopo 1 min di carico era essenzialmente di natura nervosa. Anche nel soggetto in cui PA_{CO_2} era aumentata di 6 mm Hg vi era una componente nervosa, perchè l'aumento della pressione dei muscoli inspiratori provocati da un ugual stimolo ipercapnico durante respirazione di CO_2 in aria era minore di quello che si verificava sotto il carico elastico usato in questa ricerca. Quando il carico veniva tolto i soggetti iperventilavano (in alcuni casi $\dot{V}$ nel primo min dopo carico era doppio del controllo), nonostante la riduzione di PA_{CO_2} . Cioè, occorre un certo tempo, dopo la rimozione del carico, per ritornare al normale tipo di respirazione, come è stato osservato dopo iperpnea volontaria isocapnica (Swanson e Coll., 1976).

All'inizio dell'espiazione non vi è attività fasica dei muscoli espiratori, quindi durante il periodo di zero flusso nel carico discontinuo ΔP_{alv} corrisponde al decremento della pressione esercitata dalla persistente attività dei muscoli inspiratori e, trattandosi di contrazione isometrica, questo dipende soltanto dall'attività dei motoneuroni. Sia nel primo atto respiratorio che dopo 1 min, $\Delta P_{alv}/T_{e_2}$ era positivamente correlato ($P < 0.01$) alla pressione dei muscoli alla fine dell'inspirazione ($P_{mus_{e.i.}}$). Esprimendo la pressione in cm H_2O e il tempo in sec, la relazione negli 8 soggetti era: $\Delta P_{alv}/T_{e_2} = -1.42 + 1.76 P_{mus_{e.i.}}$ (l'origine della retta non è significativamente diversa da zero). $\Delta P_{alv}/T_{e_2}$ era anche ben correlata con $P_{mus_{e.i.}}/T_i$; ma non con T_i o T_e . Queste relazioni sono in accordo col fatto che la persistenza dell'attività dei muscoli inspiratori durante l'espiazione si accorcia quando la ventilazione aumenta (Petit e Coll., 1960).

Il decremento di P_{mus} nella prima parte dell'espiazione durante carico continuo è più lento che durante carico discontinuo. Almeno parte di questa

differenza è dovuta alle proprietà intrinseche del muscolo. Infatti nella prima parte dell'espirazione durante carico continuo i muscoli inspiratori ancora attivi vengono allungati, mentre durante il carico discontinuo sono in condizioni isometriche (periodo di zero flusso). Quindi, per le proprietà espresse sia dalla relazione forza-velocità che da quella forza lunghezza, a parità di attività dei motoneuroni, la pressione esercitata dai muscoli inspiratori nella prima parte dell'espirazione deve essere maggiore durante carico continuo.

Alla fine del periodo di zero flusso durante carico discontinuo vi è una notevole accelerazione di volume. Misure di pressione esofagea hanno mostrato che ciò non è dovuto ad una improvvisa apertura della glottide, ma solo alla relativamente grande forza di retrazione del sistema respiratorio (dato che il volume polmonare non è ancora diminuito), poco frenata dalla ormai piccola attività dei muscoli inspiratori. Durante il carico continuo le strutture passive tendono a produrre una rapida espirazione. Infatti con questo tipo di carico durante l'espirazione l'elastanza del recipiente ($28 \text{ cm H}_2\text{O/l}$) è ancora in serie con quella del sistema respiratorio (circa $10 \text{ cm H}_2\text{O/l}$ a muscoli rilasciati): perciò la costante di tempo dell'intero sistema passivo è circa $1/4$ di quello del sistema respiratorio passivo. La persistente attività dei muscoli inspiratori frena il flusso espiratorio che altrimenti sarebbe elevato: effettivamente in alcuni soggetti il picco del flusso espiratorio nel carico continuo è maggiore di quello nel carico discontinuo e nel controllo.

BIBLIOGRAFIA

- 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.
- CAMPBELL 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.
- 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.
- PETIT J. M., MILIC-EMILI J. and DELHEZ L. (1960) - *Role of the diaphragm in breathing in conscious normal man: an electromyographic study*, « J. Appl. Physiol. », 15, 1101-1106.
- POPE H., HOLLAWAY R. e CAMPBELL E. J. M. (1968) - *The effect of elastic and resistive loading of inspiration on the breathing of conscious man*, « Respir. Physiol. », 4, 363-372.
- SWANSON G. D., WARD D. S. e BELLVILLE J. W. (1976) - *Posthyper-ventilation isocapnic hyperpnea*, « J. Appl. Physiol. », 40, 592-596.