
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

EMILIO AGOSTONI, PIERO MOGNONI

Variazioni di forma della parete toracica durante sforzi respiratori statici

Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 38 (1965), n.6, p. 929–932.

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1965_8_38_6_929_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. — *Variazioni di forma della parete toracica durante sforzi respiratori statici* (*) (**). Nota di EMILIO AGOSTONI e PIERO MOGNONI, presentata (***) dal Socio R. MARGARIA.

Il significato meccanico delle variazioni di forma della parete toracica a volume polmonare costante è stato illustrato in una precedente ricerca, in cui si sono descritte le variazioni di forma che avvengono quando il soggetto, ad un determinato volume polmonare, rilascia i muscoli respiratori [1].

In questa ricerca si sono studiate le variazioni di forma della parete toracica (gabbia toracica e addome-diaframma) durante sforzi respiratori statici eseguiti alla fine *a*) di un'espirazione spontanea (FRC), *b*) di un'espirazione massima (RV) e *c*) di un'inspirazione massima (TLC).

Come indice della variazione di forma della gabbia toracica si sono misurate le variazioni dei diametri dorso-ventrale e laterale a livello della giuntura sterno-xifoidea.

Le variazioni dei diametri erano registrate su un oscillografo Sanborn tramite due trasduttori mecano-elettrici di spostamento a variazione di induttanza (Linearsyn Sanborn tipo 585 DT-1000) secondo la tecnica usata da J. Mead e K. Konno (in corso di stampa). Al nucleo mobile del trasduttore era attaccato un filo lungo circa 1 m, che, posto nella direzione del diametro, terminava su una piastrina di plexiglas fissata alla parete toracica. Data la lunghezza del filo, spostamenti di pochi cm in direzione diversa da quella del diametro considerato non producevano un effetto apprezzabile sul trasduttore. Le uscite dei due amplificatori, connessi ai trasduttori posti agli estremi di un diametro, venivano unite in modo da avere la somma algebrica dei due segnali, corrispondente alla variazione del diametro. La lunghezza dei diametri a FRC, RV, TLC veniva misurata con un compasso opportunamente adattato. La pressione esofagea era misurata tramite un palloncino connesso ad un trasduttore di pressione Statham e registrata sull'oscillografo. Il volume polmonare era registrato sull'oscillografo tramite un dispositivo potenziometrico connesso alla carrucola dello spirometro.

Si sono studiati sforzi di due entità: una massima ed una media, tale cioè che il valore di pressione esercitato era compreso tra $1/3$ e $2/3$ di quello massimo. Gli esperimenti sono stati eseguiti su 6 soggetti maschi in posizione seduta. Si era anche determinato la curva volume-pressione del polmone ed

(*) Dall'Istituto di Fisiologia Umana dell'Università di Milano.

(**) Questa ricerca è stata eseguita con il contributo degli Aerospace Medical Research Laboratories, Contratto AF 61 (052)-867, tramite l'Ufficio Europeo dell'Aerospace Research (OAR), U.S. Air Force.

(***) Nella seduta del 17 giugno 1965.

il volume dell'aria residua di questi soggetti, in modo da calcolare la pressione alveolare dalla misura di pressione esofagea e quindi la variazione di volume polmonare dovuto alla compressione ed espansione del gas durante lo sforzo.

Le variazioni del diametro dorso-ventrale e laterale durante sforzi espiratori medi e massimi sono riportate nella Tabella I. Durante questi sforzi il diametro-dorso ventrale aumenta e quello laterale diminuisce in tutti i soggetti, con la eccezione di 3 prove a TLC, nelle quali anche il diametro dorso-ventrale diminuisce leggermente. Comunque, in tutti i soggetti, sia a FRC che a TLC, la sezione orizzontale della gabbia toracica diventa più circolare durante gli sforzi espiratori, sia medi che massimi.

Le variazioni del diametro dorso-ventrale e laterale durante sforzi inspiratori medi e massimi sono riportati nella Tabella II. I dati ottenuti sul soggetto F.P. in questo tipo di prove non erano riproducibili e perciò non figurano nella Tabella II. A FRC, il diametro dorso-ventrale diminuisce e quello laterale aumenta in 3 su 4 soggetti durante sforzi inspiratori medi; mentre il comportamento è irregolare durante sforzi massimi. A RV, il diametro dorso-ventrale diminuisce e quello laterale aumenta in tutti i soggetti, ad eccezione del soggetto P.M., in cui anche il diametro dorso-ventrale aumenta leggermente durante gli sforzi massimi. Comunque, nella maggioranza dei soggetti a FRC e nella totalità a RV, la sezione orizzontale della gabbia toracica diventa più ellittica durante gli sforzi inspiratori. In genere quindi la sezione della gabbia toracica diventa più ellittica durante gli sforzi inspiratori e più circolare durante quelli espiratori. Cioè il diametro dorso-ventrale varia in senso opposto a quello della variazione del volume polmonare, mentre quello laterale varia nello stesso senso. Perciò se si confrontano i diametri durante lo sforzo con quelli che si hanno durante rilasciamento ad uno stesso volume polmonare la variazione del diametro dorso-ventrale risulta maggiore, mentre quella del diametro laterale risulta minore di quanto indicato nelle Tabelle I e II.

Questi risultati indicano che la forza dei muscoli respiratori non è uniformemente distribuita, ma agisce prevalentemente sulla parete laterale della gabbia toracica, e che la posizione della parete ventrale dipende in parte dalla pressione transtoracica. In quei casi nei quali vi è una discrepanza tra la variazione dei diametri durante lo sforzo inspiratorio massimo e quello medio, questa è verosimilmente da attribuirsi all'intervento dei muscoli accessori, reclutati per il massimo sforzo.

Dalla misura dei diametri dorso-ventrale e laterale della gabbia toracica si può calcolare, in prima approssimazione, la differenza tra la sezione della gabbia toracica durante lo sforzo e quella durante rilasciamento dei muscoli respiratori allo stesso volume polmonare. Il calcolo della sezione è stato fatto presupponendo che questa abbia la forma di un'ellisse i cui assi principali siano i diametri misurati; l'errore dovuto al fatto che la sezione non è esattamente ellittica incide in modo trascurabile sulla differenza tra le sezioni, quando le variazioni sono relativamente piccole.

TABELLA I.

Variazioni dei diametri laterale e dorso-ventrale durante sforzi espiratori medi e massimi eseguiti alla fine di una espirazione normale (FRC) e di una inspirazione massima (TLC).

SOGGETTO	FRC						TLC						
	MEDI			MASSIMI			MEDI			MASSIMI			
	Diam. Lat. cm	Δ Lat. cm	Diam. D.-V. cm	Δ D.-V. cm	P _{es} cm H ₂ O	Δ Lat. cm	Δ D.-V. cm	P _{es} cm H ₂ O	Diam. Lat. cm	Δ Lat. cm	Diam. D.-V. cm	Δ D.-V. cm	P _{es} cm H ₂ O
F.C.	26,3	-0,6	19,9	+0,5	70	-0,9	+0,6	117	27,8	-0,5	22,0	-0,2	103
G.M.	29,3	-1,4	20,5	+0,5	59	-2,5	+0,8	161	31,0	-2,1	23,0	+1,0	68
P.M.	29,6	-0,9	22,1	+0,6	59	-1,5	+1,2	135	31,0	-0,5	24,7	-0,2	90
F.P.	30,3	-0,7	20,5	+0,5	58	-1,2	+0,9	126	31,6	-0,5	22,8	+0,4	55
A.S.	30,3	-1,4	22,6	+0,9	49	-1,6	+1,1	107	31,2	-0,6	25,3	+0,3	82
F.S.	26,3	—	19,8	—	—	-1,6	+0,5	179	28,5	—	22,3	—	—

TABELLA II.

Variazioni dei diametri laterale e dorso-ventrale durante sforzi inspiratori medi e massimi eseguiti alla fine di una espirazione normale (FRC) e di una espirazione massima (RV).

SOGGETTO	FRC						RV						
	MEDI			MASSIMI			MEDI			MASSIMI			
	Diam. Lat. cm	Δ Lat. cm	Diam. D.-V. cm	Δ D.-V. cm	P _{es} cm H ₂ O	Δ Lat. cm	Δ D.-V. cm	P _{es} cm H ₂ O	Diam. Lat. cm	Δ Lat. cm	Diam. D.-V. cm	Δ D.-V. cm	P _{es} cm H ₂ O
F.C.	26,3	+0,8	19,9	-0,5	65	+1,1	+1,0	145	24,9	+1,7	19,2	-0,5	97
G.M.	29,3	+1,3	20,5	-0,9	66	-0,5	-1,3	174	27,0	+3,5	19,2	-1,8	73
P.M.	29,6	-0,5	22,1	0	68	-2,1	+1,8	135	27,2	+0,9	21,3	-0,8	65
A.S.	30,3	+0,7	22,6	-1,6	51	?	-1,2	118	28,1	+1,2	21,9	-1,3	83
F.S.	26,3	—	19,8	—	—	+1,0	-1,8	135	25,1	—	17,8	—	—

(*) La variazione è bifasica.

Considerando come significativa una differenza maggiore di 10 cm², risulta che, in circa metà dei casi, la sezione orizzontale della gabbia toracica durante lo sforzo espiratorio è maggiore e durante lo sforzo inspiratorio minore di quella durante rilasciamento allo stesso volume polmonare.

Probabilmente queste variazioni di sezione durante lo sforzo avvengono anche a livelli superiori a quello misurato. D'altra parte la difficoltà di misurare le variazioni del diametro laterale a livelli sensibilmente superiori a quello della giuntura sterno-xifoidea impedisce un trattamento quantitativo delle variazioni della distribuzione del volume polmonare tra gabbia toracica e addome durante lo sforzo. Il diametro dorso-ventrale, 7-8 cm cranialmente alla giuntura sterno-xifoidea, varia in genere, durante lo sforzo, nello stesso senso di quello a livello inferiore, ma nel 75% dei casi la sua variazione è meno della metà di quella a livello inferiore. Sembra comunque probabile che in alcuni soggetti il volume della gabbia toracica durante lo sforzo espiratorio sia maggiore e durante lo sforzo inspiratorio minore di quello che si ha durante rilasciamento allo stesso volume polmonare, cioè di quello che si avrebbe se la forza fosse applicata uniformemente alla parete toracica.

Le variazioni di forma della parete toracica osservate durante sforzi respiratori statici fanno ritenere che, a valori elevati di ventilazione e quando le resistenze sono aumentate, il lavoro respiratorio sia maggiore di quanto risulti dal calcolo in base alla sola relazione volume-pressione, poiché parte della forza esercitata dai muscoli è spesa a deformare la parete toracica.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] E. AGOSTONI, P. MOGNONI, G. TORRI e A. FERRARIO AGOSTONI, « J. Appl. Physiol. », in corso di stampa.

ABSTRACT. — *Change of shape of the chest wall during static respiratory efforts.* - During static inspiratory efforts the horizontal section of the rib cage at the xiphoid level becomes, generally, more elliptical, whereas during expiratory efforts it becomes more circular. Hence the force of the respiratory muscles is not evenly distributed, but it acts mainly on the lateral parts of the rib cage, whereas the position of the frontal part is in part related to the trans-thoracic pressure. In about 50% of the cases the horizontal section of the rib cage during inspiratory efforts is smaller and during expiratory efforts larger than that during relaxation at the same lung volume. The changes of shape of the chest wall during static respiratory efforts suggest that, during hyperventilation and when the resistances to breathing are increased, the work of breathing is larger than that calculated on the basis of the volume-pressure relation, since part of the force exerted by the muscles is expended in deforming the chest wall.