
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

JACOPO P. MORTOLA, GIUSEPPE SANT'AMBROGIO

Rapporti geometrici fra gabbia toracica e addome-diaframma in pazienti tetraplegici

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 62 (1977), n.1, p. 97–101.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1977_8_62_1_97_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. — *Rapporti geometrici fra gabbia toracica e addome-diaframma in pazienti tetraplegici*^(*). Nota di JACOPO P. MORTOLA e GIUSEPPE SANT'AMBROGIO^(**), presentata^(***) dal Socio R. MARGARIA.

SUMMARY. — We have measured in 8 supine tetraplegic patients the antero-posterior and latero-lateral diameters of the rib cage at two different levels (3rd and 7th rib), the antero-posterior diameter of the abdomen at the level of the umbilicus together with the respiratory airflow. During inspiration the abdominal diameter increases whilst those of the rib cage decrease (in normal subjects all these diameters increase). During expiration the abdominal diameter returns to its resting position whilst the rib cage diameters at first increase above their resting position (with a reduction of the expiratory flow) and then, together with the abdomen, return to their resting position. The expiratory recoil of the chest wall deformed during the previous inspiration is thought to determine the reduction of the expiratory flow observed in these patients. The motion of the latero-lateral diameter at the level of the 7th rib seems to indicate a direct expanding action of the diaphragm on the lower lateral portion of the rib cage. These results allow the analysis of the mechanical action of the diaphragm on the passive rib cage and suggest that the work of breathing in the tetraplegic patients is higher.

In seguito ad una sezione della parte inferiore del midollo spinale cervicale, dei muscoli respiratori solo il diaframma, gli scaleni e gli sternocleidomastoidei possono funzionare regolarmente. In conseguenza il paziente tetraplegico presenta una marcata riduzione della capacità vitale, non solo per la impossibilità di espirare attivamente, ma anche perché la gabbia toracica anziché espandersi durante la inspirazione è mossa paradossalmente verso l'interno (Duchenne, 1867).

Abbiamo analizzato il comportamento del torace e dell'addome in 8 pazienti supini tetraplegici per una lesione completa della parte inferiore del midollo spinale cervicale (C₆—C₇) sofferta dai 2 ai 40 giorni prima. Usando il magnetometro descritto da Mead *et al.* (1967), abbiamo misurato il diametro antero-posteriore dell'addome al livello dell'ombelico (ABD), i due diametri antero-posteriori del torace sulla linea mediana ed i due latero-laterali a livello della 7^a costa (7th A-P e 7th L-L) e della 3^a (3rd A-P e 3rd L-L) durante respirazione tranquilla. In 4 soggetti abbiamo simultaneamente misurato il flusso respiratorio.

Mentre in un soggetto normale durante l'inspirazione l'addome e la gabbia toracica si espandono, nei tetraplegici la gabbia toracica si riduce, con l'ecce-

(*) Division of Neurosurgery and Depts. of Anesthesiology and Physiology and Biophysics, University of Texas Medical Branch, Galveston, Texas 77550, U.S.A.

(**) Corrispondenza al Dr. J. P. Mortola, Dept. of Physiology and Biophysics, University of Texas Medical Branch, Galveston, Texas 77550, U.S.A.

(***) Nella seduta dell'8 gennaio 1977.

zione della parte laterale bassa (7th L-L) che all'inizio si espande e poi si riduce. Durante la espirazione, mentre l'addome si riduce, la gabbia toracica si espande al di là della sua posizione di riposo ed infine ritorna alla posizione iniziale (fig. 1). Mentre nel soggetto normale il flusso espiratorio raggiunge il suo massimo nel primo terzo (Agostoni, 1970), nei tetraplegici risulta invece ridotto all'inizio (fig. 2). Analoghi risultati sono stati osservati in due pazienti tetraplegici tracheostomizzati: questo significherebbe che il ritardo del massimo flusso espiratorio non è attribuibile alla chiusura della glottide.

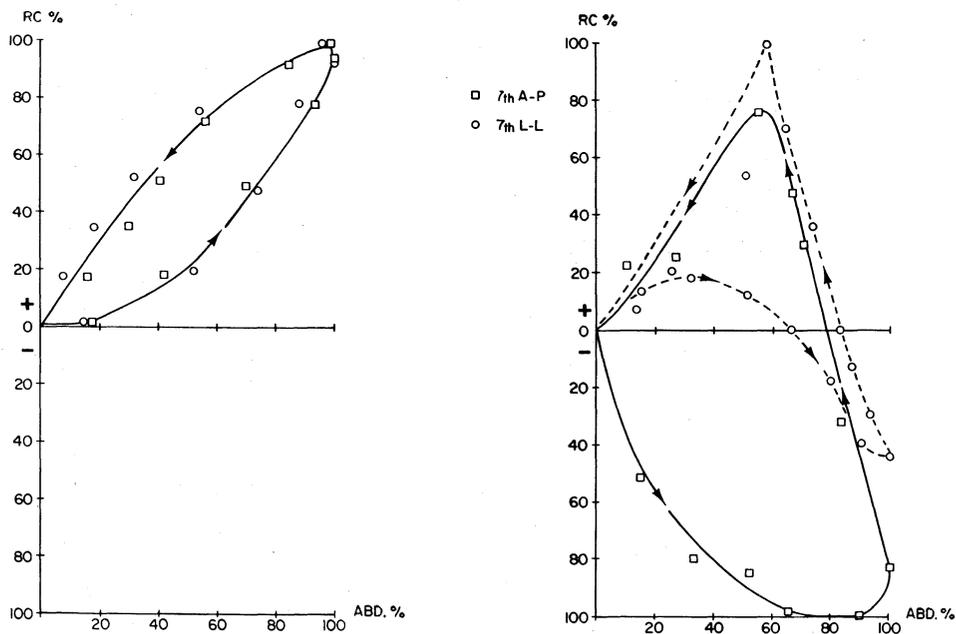


Fig. 1. - Correlazione tra i diametri toracici (RC) e il diametro antero-posteriore addominale (ABD) in un soggetto normale (grafico a sinistra) e in un paziente tetraplegico (grafico a destra) durante un respiro normale. 7th A-P = diametro toracico antero-posteriore a livello della 7^a costa, 7th L-L = diametro latero-laterale allo stesso livello dell'antero-posteriore. I diametri sono rappresentati in per cento della loro massima escursione.

La parete toracica ⁽¹⁾ del paziente durante l'inspirazione si deforma assai più che nel normale. A causa del suo movimento paradossale la gabbia toracica non solo non partecipa all'inspirazione ma addirittura dà un contributo negativo, e viceversa l'addome-diaframma a parità di V_T contribuisce più del normale, e in questa situazione si determina una notevole deformazione della parete toracica.

(1) Per « parete toracica » si intende un sistema comprendente « gabbia toracica » e « addome-diaframma » funzionalmente in parallelo (Agostoni e Mead, 1964).

Quando il paziente si rilascia all'inizio della espirazione oltre al ritorno elastico dell'apparato respiratorio alla sua posizione di riposo responsabile del flusso espiratorio, nel tetraplegico c'è anche la forte tendenza dell'addome e della gabbia toracica rispettivamente di ridursi e di espandersi in accordo con le loro caratteristiche passive. Nella fig. 3 è rappresentata la correlazione tra il 3rd A-P e l'ABD di un paziente tetraplegico in condizioni di rilasciamento a vie aeree chiuse a vari volumi polmonari (Konno e Mead, 1967) (linea tratteggiata). Nella stessa figura è rappresentata la correlazione tra questi due diametri durante la inspirazione e la espirazione (linea continua). Quando

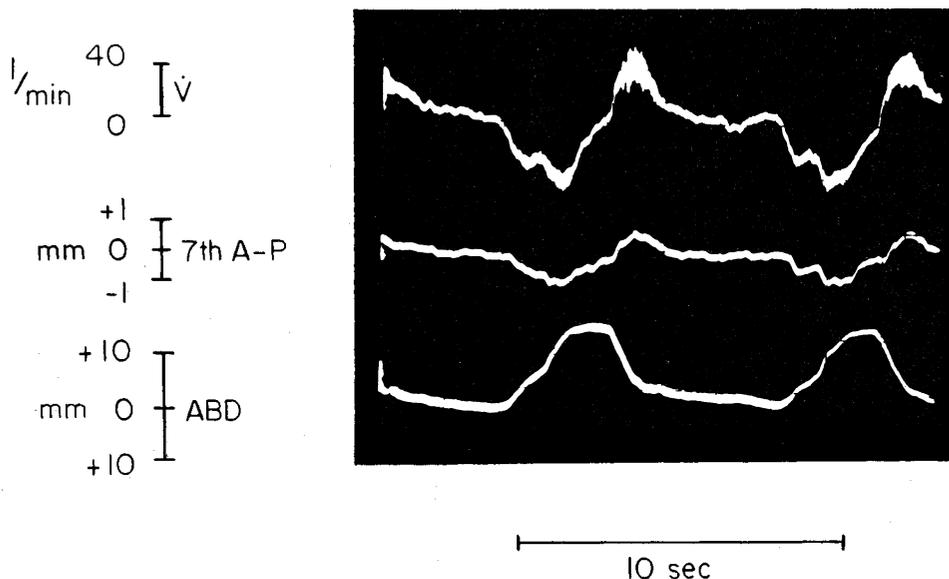


Fig. 2. - Paziente tetraplegico supino. Dall'alto: \dot{V} , flusso respiratorio (l/min). 7th A-P = diametro toracico antero-posteriore a livello della 7^a costa (mm.) ABD = diametro addominale antero-posteriore a livello dell'ombelico. Durante l'inspirazione all'espansione del diametro addominale corrisponde una riduzione di quello toracico che, durante l'espirazione, si espande al di là della sua posizione di riposo.

alla fine della sua massima inspirazione il paziente si rilascia a vie aeree chiuse, addome e gabbia toracica raggiungono il loro punto di rilasciamento corrispondente a quel volume (linea punteggiata). A questo valore il diametro della gabbia toracica eccede quello di riposo. Anche durante la espirazione la gabbia toracica si espande al di là della sua posizione di riposo (linea continua, EXSP), anche se contemporaneamente il volume diminuisce. Questo recupero della parete toracica deformata durante l'inspirazione determina una quasi isovolumetrica (flusso espiratorio ridotto) redistribuzione del volume d'aria contribuito dalla gabbia toracica e dall'addome, ed interferisce, riducendolo, con il flusso espiratorio.

L'osservazione che la gabbia toracica del tetraplegico durante la inspirazione si riduce (con la eccezione della parte laterale bassa) implica che il diaframma sia direttamente tramite le sue inserzioni sia indirettamente tramite la pressione negativa intratoracica esercitata, dal punto di vista meccanico, una azione opposta a quella dei muscoli intercostali inspiratori (Mognoni, Saibene e Sant'Ambrogio, 1968; D'Angelo e Sant'Ambrogio, 1974). Sulla parte laterale bassa, viceversa, il diaframma eserciterebbe una azione meccanica agonista a

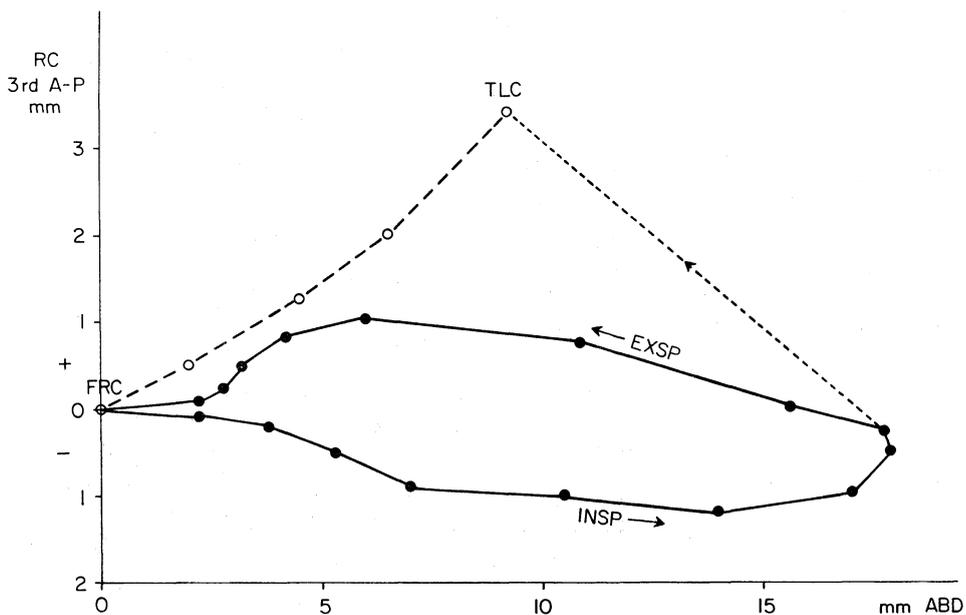


Fig. 3. - RC 3rd A-P = diametro antero-posteriore della gabbia toracica a livello della 3^a costa. ABD = diametro antero-posteriore addominale a livello dell'ombelico. La linea tratteggiata correla i valori a rilasciamento del diametro toracico e di quello addominale a diversi volumi polmonari tra il volume di fine espirazione (FRC) e la capacità polmonare totale (TLC) di un paziente tetraplegico supino. La linea continua correla gli stessi diametri durante la fase inspiratoria (INSP) ed espiratoria (EXSP) di una sua capacità vitale. La linea punteggiata mostra l'andamento dei due diametri quando il paziente si rilascia a vie aeree chiuse al termine di una massima inspirazione.

quella dei muscoli intercostali all'inizio della inspirazione, antagonista successivamente. Questo duplice comportamento potrebbe essere dovuto al fatto che le fibre muscolari diaframmatiche si inseriscono verticalmente sulla parte laterale della gabbia toracica, e contraendosi possono determinarne l'espansione. Con l'abbassarsi della cupola diaframmatica diventano più orizzontali e contraendosi esercitano una azione costrittiva.

A parità di ventilazione la spesa energetica di questi pazienti, considerando la maggiore deformazione della parete toracica, dovrebbe essere superiore, come indicato da Bergofsky (1964).

BIBLIOGRAFIA

- AGOSTONI E. (1970) - In: Campbell E. J.M., Agostoni E. e Newsom Davis J., Dynamics in « The respiratory muscles », p. 97, ed. Lloyd-Luke, London, seconda edizione.
- AGOSTONI E. e MEAD J. (1964) - In: Handbook of Physiology, Respiration, vol. I, pp. 387-409, ed. Fenn. e Rahn, Washington D.C., American Physiological Soc.
- BERGOFKY E. (1964) - « Ann. Intern. Med. », 61, 435-447.
- D'ANGELO E. e SANT'AMBROGIO G. (1974) - « J. Appl. Physiol. », 36 (6), 715-719.
- DUCHENNE G. B. A. (1867) - In: Physiologie des mouvements demontree a' l'aide de l'experimentation electrique et de l'observation clinique, et applicable à l'étude des paralysies et des deformations. Paris: Bailliere.
- KONNO K. e MEAD J. (1967) - « J. Appl. Physiol. », 22 (3), 407-422.
- MEAD J., PETERSON N., GRIMBY G. e MEAD J. (1967) - « Science », 3, 1383-1384.
- MOGNONI P., SAIBENE F. e SANT'AMBROGIO G. (1969) - « J. Physiol. (London) », 202, 517-534.