

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

# RENDICONTI

---

EMILIO AGOSTONI, PIERO MOGNONI, GIORGIO TORRI

## Forza elastica passiva della gabbia toracica

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,  
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 36 (1964), n.2, p. 230–233.*  
Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1964\\_8\\_36\\_2\\_230\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1964_8_36_2_230_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.** — *Forza elastica passiva della gabbia toracica*<sup>(\*)</sup> <sup>(\*\*)</sup>.  
Nota di EMILIO AGOSTONI, PIERO MOGNONI e GIORGIO TORRI, presentata <sup>(\*\*\*)</sup> dal Socio R. MARGARIA.

Quando i muscoli sono rilasciati e le vie aeree chiuse, la pressione intratoracica rappresenta la risultante delle forze elastiche e gravitazionali delle diverse parti del sistema toracico: gabbia toracica ed addome-diaframma. Quindi la relazione tra volume polmonare e pressione intratoracica a rilasciamento definisce le caratteristiche statiche passive del sistema toracico. Dato che gabbia toracica e addome-diaframma sono in parallelo, la pressione esercitata dal sistema toracico è uguale sia a quella esercitata dalla gabbia toracica che a quella esercitata dall'addome - diaframma, mentre la variazione di volume del sistema toracico è uguale alla somma delle variazioni di volume dovuto agli spostamenti *a*) della gabbia toracica e *b*) dell'addome-diaframma [1].

Nell'analisi meccanica del sistema toracico, la pressione rilevata a rilasciamento viene considerata uguale alla pressione statica passiva esercitata, allo stesso volume polmonare, dal sistema, o da una sua parte, durante attività dei muscoli respiratori. Questa uguaglianza però è vera solo se, per una data variazione di volume polmonare, il contributo volumetrico della gabbia toracica e quello dell'addome-diaframma sono, rispettivamente, uguali durante rilasciamento e durante attività dei muscoli respiratori. Questo presupposto non è provato da alcun dato sperimentale; al contrario si può ragionevolmente supporre che, ad uno stesso volume polmonare, il volume della gabbia toracica, e quindi la posizione del diaframma, possano, in diverse circostanze, essere diversi.

Se il volume della gabbia toracica è diverso nelle due condizioni anche la forza elastica passiva da essa esercitata durante l'attività dei muscoli respiratori sarà diversa che a rilasciamento, nonostante che il volume polmonare sia lo stesso. Se questa forza non è la stessa, non è corretto usare la pressione rilevata a rilasciamento come espressione della pressione statica passiva esercitata, ad uno stesso volume polmonare, dal sistema o da una sua parte, durante l'attività dei muscoli respiratori.

Per stabilire il verificarsi dei fenomeni sopraddetti e studiarne l'effetto si è determinato: *a*) la relazione tra volume polmonare e circonferenza toracica durante attività dei muscoli respiratori e a rilasciamento; *b*) la

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

(\*\*) Questa ricerca è stata eseguita con il contributo dell'Aerospace Medical Research Laboratories, M.R.M.P.A., tramite l'Ufficio Europeo dell'Aerospace Research, U.S. Air Force e dell'U.S. Public Health Service, Grant RF 15.

(\*\*\*) Nella seduta dell'8 febbraio 1964.

relazione tra circonferenza toracica e pressione intratoracica a rilascio.

Con la metodica precedentemente descritta si sono misurate, in condizioni statiche, le variazioni di volume polmonare e le variazioni di circonferenza toracica a livello della giuntura sterno-xifoidea [2]. La pressione intratoracica veniva determinata mediante un palloncino esofageo connesso ad un trasduttore di pressione. Le variazioni di volume, di circonferenza e di pressione venivano registrate simultaneamente su un oscillografo Sanborn. Si è inoltre determinata la pressione alveolare a rilascio per calcolare la variazione di volume polmonare prodotta dall'espansione o compressione del gas nel polmone. Gli esperimenti sono stati eseguiti su 3 soggetti in posizione seduta.

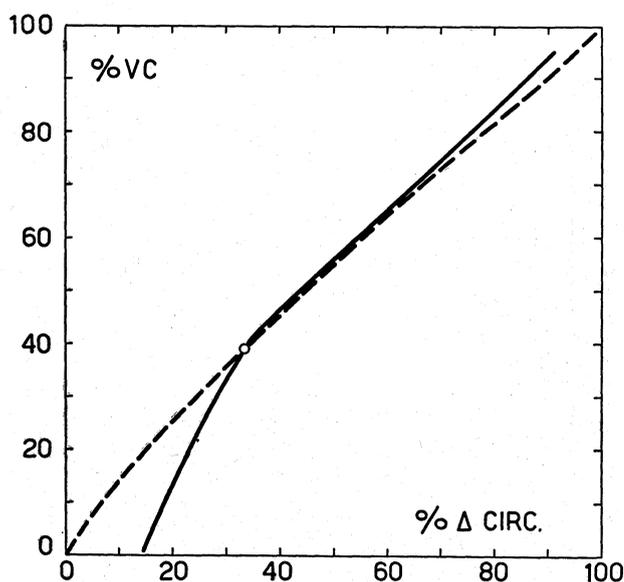


Fig. 1. - Relazioni statiche tra le variazioni di volume polmonare e di circonferenza toracica, espresse in per cento delle variazioni massime.

La curva continua indica la relazione tra rilascio, quella tratteggiata indica la relazione durante attività dei muscoli respiratori. Quando alla fine di una massima espirazione il soggetto si rilascia, la circonferenza della gabbia toracica aumenta circa del 15 %, cioè molto di più di quanto (circa 1 %) è dovuto all'espansione del gas nei polmoni prodotta dal rilascio (vedi testo). Il circolo indica il punto corrispondente al volume toraco-polmonare di riposo, cioè alla fine di una espirazione spontanea. Media di 3 soggetti in posizione seduta.

Le relazioni tra volume polmonare e circonferenza toracica durante attività dei muscoli respiratori e a rilascio sono illustrate nella fig. 1. Il fenomeno postulato si verifica in tutti e tre i soggetti esaminati. Al limite inferiore della capacità vitale, per uno stesso volume polmonare, la circonferenza, e quindi il volume, della gabbia toracica a rilascio è maggiore che durante attività dei muscoli respiratori; dato che la distensibilità della gabbia toracica a questo volume polmonare è assai scarsa, la forza passiva elastica della gabbia toracica alla fine della massima espirazione deve

essere notevolmente maggiore che a rilasciamento. Al limite superiore della capacità vitale, per uno stesso volume polmonare, la circonferenza della gabbia toracica a rilasciamento è leggermente minore di quella durante attività dei muscoli respiratori, ma, dato che a questo volume la distensibilità della gabbia toracica è elevata, la forza passiva elastica della gabbia, alla fine di una massima inspirazione, sarà di ben poco superiore a quella a rilasciamento.

La figura 2 illustra la relazione tra variazione di circonferenza toracica e pressione intratoracica e rilasciamento. Estrapolando la curva a sinistra fino a raggiungere la circonferenza toracica corrispondente alla fine di una massima espirazione, si vede che la pressione elastica-passiva esercitata dalla

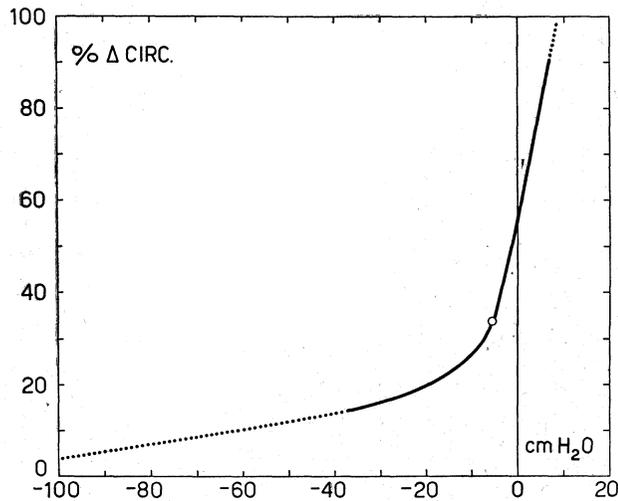


Fig. 2. - Relazione tra variazione di circonferenza toracica, espressa in per cento della variazione massima, e pressione intratoracica a rilasciamento (= pressione elastica passiva esercitata dalla gabbia toracica).

Le parti punteggiate rappresentano le estrapolazioni al valore di circonferenza corrispondente alla fine di una massima espirazione ed a quello corrispondente alla fine di una massima inspirazione (vedi testo). Il circolo indica il punto corrispondente al volume toracopolmonare di riposo, cioè alla fine di una espirazione spontanea. Media di 3 soggetti in posizione seduta.

gabbia toracica, a questo volume polmonare, deve essere almeno di  $-100$   $\text{cm H}_2\text{O}$ , anziché di circa  $-40$   $\text{cm H}_2\text{O}$  come si è ritenuto finora.

Quindi alla fine di una massima espirazione i muscoli espiratori devono esercitare sulla gabbia toracica una pressione di almeno  $100$   $\text{cm H}_2\text{O}$ , e non di  $40$   $\text{cm H}_2\text{O}$ , cioè la massima pressione esercitata da questi muscoli non cala bruscamente ad un volume polmonare prossimo al limite inferiore della capacità vitale. I muscoli addominali, a volume polmonare minimo, esercitano pure una pressione di almeno  $100$   $\text{cm H}_2\text{O}$  [3]; al limite addominale del torace questa pressione è bilanciata dalla contrazione del diaframma [3, 4]. D'altra parte i muscoli addominali e il diaframma, inserendosi sulla gabbia toracica, agiscono anche su questa in senso espiratorio e, rispettivamente,

inspiratorio. Se la loro azione si bilanciassero anche a questo livello, la pressione esercitata, alla fine di una massima espirazione, dai muscoli espiratori non addominali, dovrebbe essere uguale e di segno opposto alla pressione passiva elastica della gabbia toracica.

#### BIBLIOGRAFIA.

- [1] E. AGOSTONI e J. MEAD, *Statics of the Respiratory System*, in *Handbook of Physiology*, Section 3 Respiration, Volume 1, American Physiological Society, Washington D.C., 1964.
- [2] E. AGOSTONI, P. MOGNONI e G. TORRI, « Rend. Acc. Naz. Lincei », in corso di stampa.
- [3] E. AGOSTONI e H. RAHN, « J. Appl. Physiol. », 15, 1087 (1960).
- [4] E. AGOSTONI e G. TORRI, « J. Appl. Physiol. », 17, 427 (1962).