
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

EMILIO AGOSTONI, EDGARDO D'ANGELO

**L'effetto del movimento degli arti sulla regolazione
dell'am piezza e della durata delle fasi del ciclo
respiratorio**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 59 (1975), n.5, p. 564-569.*
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1975_8_59_5_564_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. — *L'effetto del movimento degli arti sulla regolazione dell'ampiezza e della durata delle fasi del ciclo respiratorio* (*). Nota di EMILIO AGOSTONI e EDGARDO D'ANGELO, presentata (**) dal Corrisp. E. AGOSTONI.

SUMMARY. — In anesthetized dogs and rabbits passive or active limb movements (1) shifted to the left the relationship between tidal volume and inspiratory time, (2) lowered the relationship between expiratory time and inspiratory time and decreased its slope, (3) increased the output to the inspiratory muscles.

È noto da anni che i movimenti degli arti sia passivi (Harrison *et coll.*, 1932; Comroe e Schmidt, 1943; Dejours *et coll.*, 1956) che attivi involontari (Krogh e Lindhard, 1917; Comroe e Schmidt, 1953; Asmussen e Nielsen, 1948; Kao e Ray, 1954) producono un aumento della ventilazione. Questo aumento riflesso della ventilazione origina dalla stimolazione dei recettori delle giunture (Comroe e Schmidt, 1943; Flandrois *et coll.*, 1966) e dei fusi neuromuscolari (Bessou *et coll.*, 1959; Gautier *et coll.*, 1954; Flandrois *et coll.*, 1965).

Von Euler *et coll.* (1970) e Clark e von Euler (1972) hanno portato un contributo alla conoscenza della regolazione della ventilazione per quanto concerne l'ampiezza (V_T) e la durata delle fasi del ciclo respiratorio. Essi dimostrarono le seguenti caratteristiche. 1) La durata dell'inspirazione (T_i) è determinata dalla retroazione negativa vagale legata all'aumento di volume polmonare (riflesso di Hering-Breuer) con un meccanismo soglia che decresce con il tempo dall'inizio dell'inspirazione (cioè la relazione V_T-T_i). 2) Dopo vagotomia T_i dipende dal segnapassi bulbo-pontino. 3) La durata espiratoria (T_e) dipende dal precedente T_i (relazione T_e-T_i).

Lo scopo di questa ricerca è di determinare l'influenza degli stimoli prodotti dai movimenti passivi o attivi degli arti sulle relazioni V_T-T_i e T_e-T_i , sul ritmo del segnapassi bulbo-pontino e sul flusso inspiratorio medio (V_T/T_i , che rappresenta l'intensità dello stimolo centrale ai muscoli respiratori).

Gli esperimenti sono stati eseguiti su 8 cani e 8 conigli anestetizzati con Nembutal o, rispettivamente, una miscela di Nembutal e uretano. Veniva misurato il flusso respiratorio e da questo per integrazione V_T , la pressione in trachea per avere i tempi delle fasi respiratorie nel primo ciclo dopo occlusione delle vie aeree, e in alcuni esperimenti la P_{CO_2} nel sangue arterioso e la tempe-

(*) Ricerca eseguita nell'Istituto di Fisiologia umana (I Cattedra) dell'Università di Milano (Via Mangiagalli 32, 20133 Milano), con il contributo del C.N.R.

(**) Nella seduta del 15 novembre 1975.

ratura nella vena cava discendente. L'esercizio passivo era prodotto muovendo manualmente gli arti posteriori alla frequenza di circa 1 Hz. Quello attivo era prodotto mediante stimolazione elettrica della parte mediale della coscia, con onde rettangolari di 8-15 V, della durata di 50 msec, ad una frequenza di 1 o 3 Hz. L'esercizio era mantenuto per circa 3 minuti. La chiusura delle vie aeree veniva eseguita 3-5 volte a riposo e durante l'esercizio. I dati riportati in questa Nota si riferiscono a condizioni di equilibrio. Le prove erano ripetute dopo vagotomia. In 4 cani e 3 conigli gli esperimenti erano ripetuti mentre l'animale respirava CO₂ in aria. Per evitare la varianza tra animali i dati di ciascun parametro ottenuti durante l'esercizio venivano riferiti ai corrispondenti valori medi di controllo a riposo. I valori medi dei rapporti di ogni parametro venivano quindi moltiplicati per il corrispondente valore medio di tutti gli animali di quella specie a riposo.

I movimenti degli arti producevano in ambo le specie: 1) uno spostamento a sinistra della relazione V_T - T_i , 2) un abbassamento della relazione T_e - T_i con una diminuzione della sua pendenza, dato che T_e diminuiva più che T_i (figg. 1 e 2), 3) un aumento di V_T/T_i , cioè un aumento dell'intensità dello stimolo centrale ai muscoli inspiratori. Le variazioni di ventilazione, frequenza respiratoria, T_e , T_i e V_T/T_i , prodotte dai tre tipi di movimento degli arti sono espresse in per cento del valore di riposo nella Tabella I.

Simili spostamenti della relazione V_T - T_i sono stati ottenuti aumentando la temperatura corporea di 2-4.5 °C in gatti (Grunstein *et coll.*, 1973 b; Bradley *et coll.*, 1974 b) e in conigli (D'Angelo e Agostoni, 1975 b); nei nostri esperimenti la temperatura corporea era essenzialmente costante. L'aumento di CO₂ influisce invece in modo diverso sulla relazione V_T - T_i : esso ne aumenta la pendenza, poiché sposta a sinistra T_i e vie aeree chiuse, mentre lascia quasi inalterato T_i e valori di V_T controllo o superiori (Miserocchi e Milic-Emili, 1975; D'Angelo e Agostoni, 1975 a). Inoltre un aumento di CO₂ non influenza la relazione T_e - T_i (Clark e von Euler, 1972; Grunstein *et coll.*, 1973 b, Bradley *et coll.*, 1974 a; D'Angelo e Agostoni, 1975 a). Nei nostri esperimenti, quando gli animali respiravano aria, P_{aCO_2} era simile al valore di riposo durante i movimenti attivi o 3-4 mmHg inferiore durante i movimenti passivi.

Dai dati ottenuti durante la respirazione di CO₂ si è potuto calcolare che l'aumento di V_T/T_i prodotto dai movimenti passivi era simile a quello prodotto a riposo da un aumento di P_{aCO_2} di circa 5 mmHg nei cani e 8 mmHg nei conigli, mentre quello prodotto dai movimenti attivi a 3 Hz era simile a quello prodotto da un aumento di P_{aCO_2} di circa 15 mmHg nei cani a 18 mmHg nei conigli.

Dopo vagotomia T_e e T_i dipendono dal segnapassi bulbo-pontino: il movimento degli arti produceva una loro diminuzione ed un aumento di V_T/T_i (figg. 1 e 2). Le variazioni di T_e , T_i e V_T/T_i prodotte dai movimenti degli arti negli animali vagotomizzati espresse in per cento del valore di riposo erano simili a quelle che si verificavano negli animali intatti. Questi risultati sono in accordo con le misure di frequenza respiratoria di Phillopson *et coll.* (1970) e di Bouverot (1973) in cani svegli e di Lahiri *et coll.* (1975) in cani aneste-

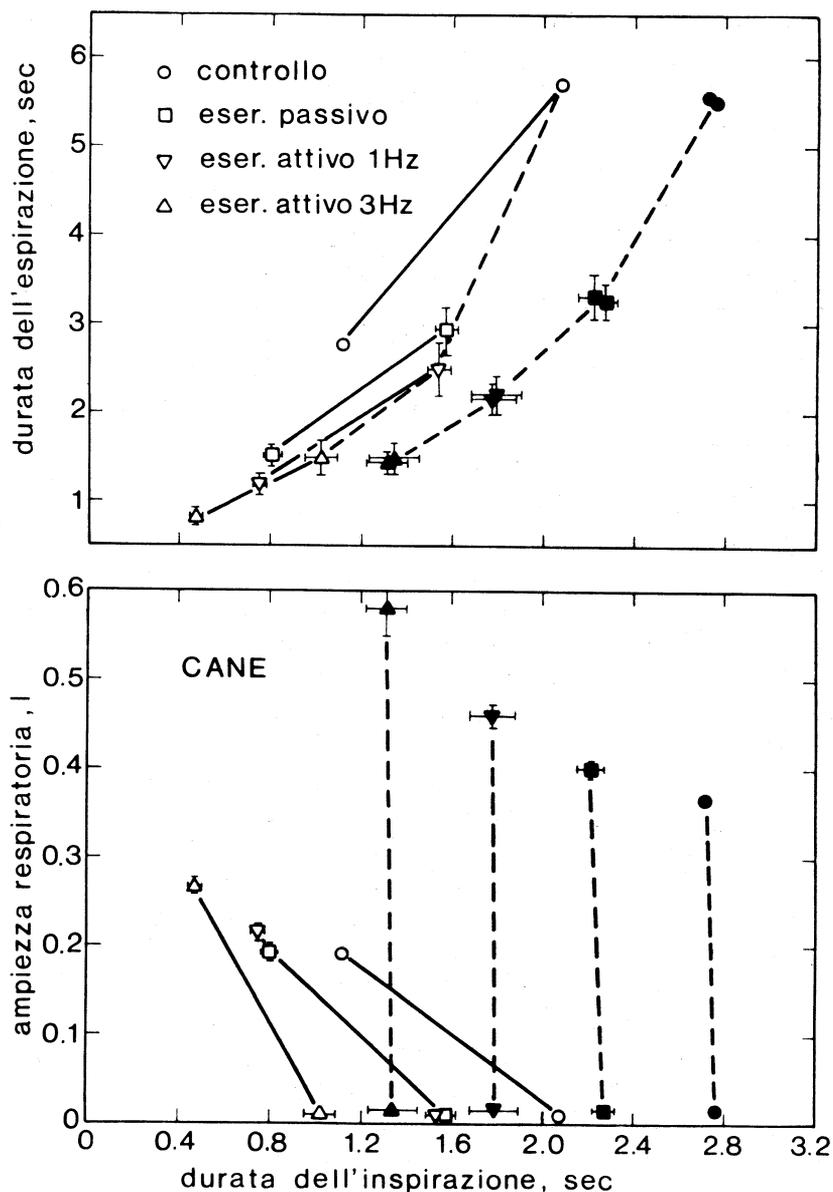


Fig. 1. - *Diagramma inferiore.* Relazione approssimata tra ampiezza respiratoria e durata dell'inspirazione in cani, ottenuta da respiri normali e dal primo sforzo inspiratorio dopo chiusura delle vie aeree. I dati si riferiscono alle condizioni di riposo, di movimento passivo degli arti inferiori alla frequenza di circa 1 Hz, di movimento attivo a 1 o 3 Hz. Ogni simbolo rappresenta il valore medio di 8 cani, i dati di ogni animale erano normalizzati come indicato nel testo. I simboli neri rappresentano i dati ottenuti dopo vagotomia.

Diagramma superiore. Relazione tra durata dell'espirazione e dell'inspirazione in cani nelle condizioni menzionate. Dato che i simboli neri rappresentano i dati ottenuti dopo vagotomia, la linea tratteggiata che li unisce mette in evidenza l'effetto dei movimenti degli arti sul ritmo bulbo-pontino. La linea tratteggiata che unisce i simboli bianchi, rappresentanti gli sforzi a vie aeree chiuse, mette in evidenza l'effetto dei movimenti degli arti sul ritmo bulbo-pontino sotto l'influenza vagale tonica.

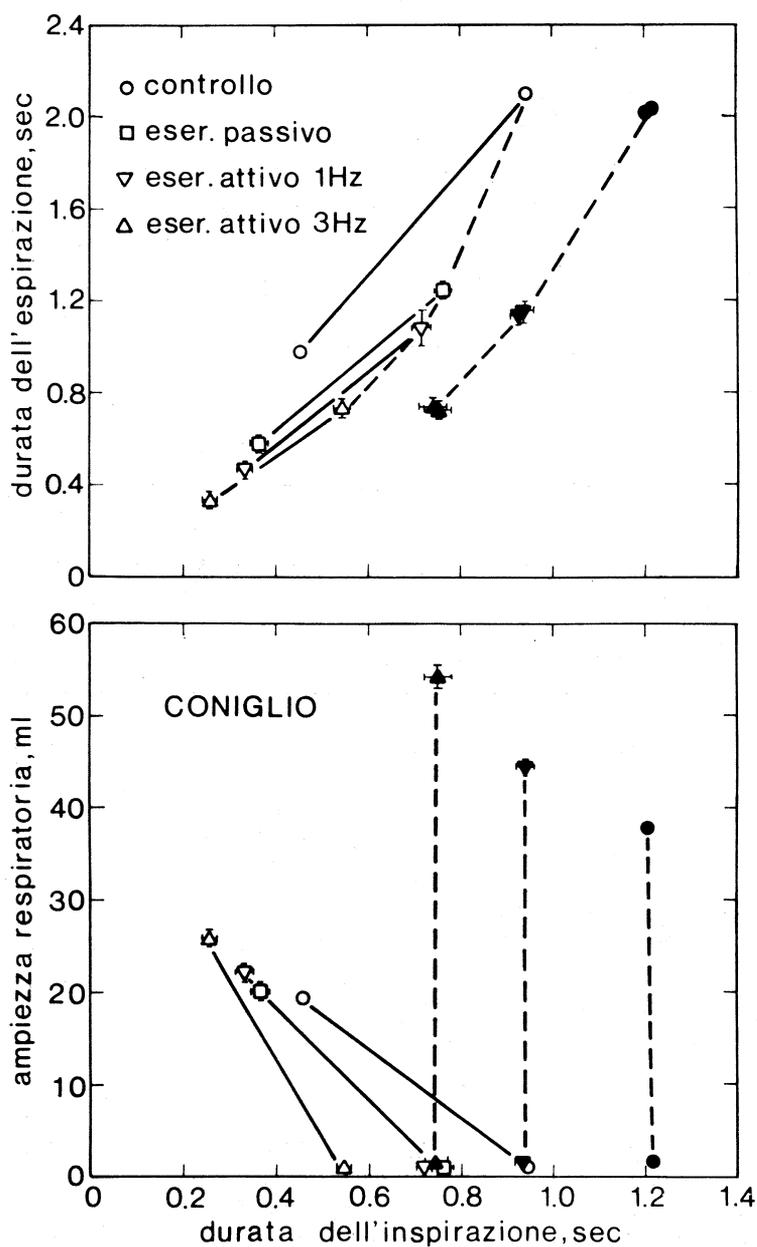


Fig. 2. - *Diagramma inferiore.* Relazione approssimata tra ampiezza respiratoria e durata dell'inspirazione in conigli, ottenuta da respiri normali e dal primo sforzo inspiratorio dopo chiusura delle vie aeree. Ogni simbolo rappresenta il valore medio di 8 conigli. Per ulteriori spiegazioni si veda la didascalia della fig. 1.

Diagramma superiore. Relazione tra durata espiratoria e inspiratoria in conigli nelle condizioni menzionate. Per ulteriori spiegazioni si veda la didascalia della fig. 1.

tizzati. Essi infatti dimostrarono che l'aumento relativo della frequenza respiratoria prodotta dai movimenti attivi degli arti era simile prima e dopo vagotomia.

TABELLA I.

Variazioni della ventilazione (\dot{V}), della frequenza respiratoria (f), della durata dell'espiazione (T_e), della durata dell'inspirazione (T_i) e del flusso inspiratorio medio (V_T/T_i) prodotte dai movimenti degli arti ed espresse in per cento del valore di riposo.

| | | \dot{V} | f | T_e | T_i | V_T/T_i |
|----------|-----------------------|------------|---------|-------|---------|-----------|
| Cane | Passivo ca. 1Hz . . . | + 74±8 (*) | + 71± 9 | -45±4 | -29±2 | + 44± 4 |
| | Attivo 1Hz | +116±16 | + 87±12 | -68±4 | -31±2 | + 68± 7 |
| | Attivo 3Hz | +343±44 | +212±24 | -70±2 | -68±3 | +256±35 |
| Coniglio | Passivo ca. 1Hz . . . | +55± 3 | + 51± 3 | -40±2 | -20±0.3 | + 28±1 |
| | Attivo 1Hz | +104± 8 | + 79± 9 | -52±2 | -26±2 | +56±3 |
| | Attivo 3Hz | +219±16 | +141±13 | -65±2 | -44±2 | +137±7 |

(*) Media di 8 animali ± E.S.

È generalmente riconosciuto che la vagotomia abolisce o riduce marcatamente l'effetto del CO₂ sulla frequenza respiratoria (Lahiri *et coll.*, 1975), mentre essa non influenza l'effetto dell'ipertermia (Grunstein *et coll.*, 1973 a; Widdicombe e Winning, 1974), né quello degli stimoli dagli arti in movimento (V. sopra). Ciò porta un ulteriore contributo alla somiglianza degli effetti prodotti dal movimento degli arti e dell'ipertermia e alla differenza tra questi effetti e quello prodotto dal CO₂.

BIBLIOGRAFIA

- ASMUSSEN E. e NIELSEN M. (1948) - *Studies on the initial changes in respiration at the transition from rest to work and from work to rest*, « Acta Physiol. Scand. », 16, 270-285.
- BESSOU P., DEJOURS P. e LAPORTE Y. (1959) - *Effets ventilatoires réflexes de la stimulation de fibres afférentes de grand diamètre d'origine musculaire chez le Chat*, « Compt. Rend. Soc. Biol. », 153, 477-481.
- BOUVEROT P. (1973) - *Vagal afferent fibres from the lung and regulation of breathing on awake dogs*, « Respir. Physiol. », 17, 325-335.
- BRADLEY G. W., VON EULER C., MARTTILA I. e ROOS B. (1974 a) - *Transient and steady state effects of CO₂ on mechanisms determining rate and depth of breathing*, « Acta Physiol. Scand. », 92, 341-350.
- BRADLEY G. W., VON EULER C., MARTTILA I. e ROOS B. (1974 b) - *Steady state effects of CO₂ and temperature on the relationship between lung volume and inspiratory duration (Hering-Breuer threshold curve)*, « Acta Physiol. Scand. », 92, 351-363.

- CLARK F. J. e VON EULER C. (1972) – *On the regulation of depth and rate of breathing*, « J. Physiol. (London) », 222, 267–295.
- COMROE J. H. JR. e SCHMIDT C. F. (1943) – *Reflexes from the limbs as a factor in the hyperpnea of muscular exercise*, « Am. J. Physiol. », 138, 536–547.
- D'ANGELO E. e AGOSTONI E. (1975 a) – *Tonic vagal influences on inspiratory duration*, « Respir. Physiol. », 24, 287–302.
- D'ANGELO E. e AGOSTONI E. (1975 b) – *Immediate response to expiratory threshold load*, « Respir. Physiol. », 25, 269–284.
- EULER C., VON HERRERO F. e WEXLER I. (1970) – *Control mechanisms determining rate and depth of respiratory movements*, « Respir. Physiol. », 10, 93–108.
- FLANDROIS R., LACOUR J. R., CHABANNE J. P. e HERNANDEZ J. P. (1965) – *Action d'une diminution de l'activité fusoriale sur l'hyperventilation réflexe au cours de la mobilisation passive chez le Chien*, « J. Physiol. (Paris) », 57, 611–612.
- FLANDROIS R., LACOUR J. R., MAROQUIN J. I. e CHARLOT J. (1966) – *Essai de la mise en évidence d'un stimulus neurogène articulaire de la ventilation lors de l'exercice musculaire chez le Chien*, « J. Physiol. (Paris) », 58, 222–223.
- GAUTIER H., LACAISSE A., PASQUIS P. e DEJOURS P. (1964) – *Réaction ventilatoire à la stimulation des fuseaux neuro-musculaires par la succinylcholine chez le Chat*, « J. Physiol. (Paris) », 56, 560–561.
- GRUNSTEIN M. M., FISK W. M., LEITER L. A. e MILIC-EMILI J. (1973 a) – *Effect of body temperature on respiratory frequency on anesthetized cat*, « J. Appl. Physiol. », 34, 154–159.
- GRUNSTEIN M. M., YOUNES M. e MILIC-EMILI J. (1973 b) – *Control of tidal volume and respiratory frequency in anesthetized cats*, « J. Appl. Physiol. », 35, 463–473.
- HARRISON W. G. JR., CALHOUN J. A. e HARRISON T. R. (1932) – *Afferent impulses as a cause of increased ventilation during muscular exercise*, « Am. J. Physiol. », 100, 68–73.
- KAO F. F. e RAY L. H. (1954) – *Respiratory and circulatory responses of anesthetized dogs during induced muscular work*, « Am. J. Physiol. », 179, 249–254.
- KROGH A. e LINDHARD J. (1917) – *A comparison between voluntary and electrically induced muscular work in man*, « J. Physiol. (London) », 51, 182–201.
- LAHIRI S., MEI S. S. e KAO F. F. (1975) – *Vagal modulation of respiratory control during exercise*, « Respir. Physiol. », 23, 133–146.
- MISEROCCHI G. e MILIC-EMILI J. (1975) – *Contribution of hypercapnic stimuli and of vagal afferents to the timing of breathing in anesthetized cats*, « Respir. Physiol. », 25, 71–88.
- PHILLIPSON E. A., HICKEY R. F., BAINTON C. R. e NADEL J. A. (1970) – *Effect of vagal blockade on regulation of breathing in conscious dogs*, « J. Appl. Physiol. », 29, 475–479.
- WIDDICOMBE J. G. e WINNING A. (1974) – *Effects of hypoxia, hypercapnia and changes in body temperature on the pattern of breathing in cats*, « Respir. Physiol. », 21, 203–221.