

LA REGOLAZIONE DELLA VENTILAZIONE.

Analisi del ciclo respiratorio.

INTRODUZIONE

L'avvento di metodi di indagine non invasivi e di semplice utilizzo ha portato in questi ultimi anni l'interesse dei ricercatori, clinici e riabilitatori sul modo di respirare del malato respiratorio.

La risposta dei centri del respiro a stimoli chimici o meccanici è stata per lungo tempo valutata in termini esclusivi di VENTILAZIONE POLMONARE TOTALE. La Ventilazione Minuto o Polmonare (VE = quantità di aria che viene inspirata ed espirata in un minuto e misurata alla bocca) viene classicamente analizzata secondo l'equazione $VE = V_t \times fr$. Volume corrente (V_t) e frequenza respiratoria (fr) sono quindi determinanti e fondamentali nel definire VE, ma anche nella Ventilazione Alveolare ($VA =$ quantità di aria inspirata che raggiunge le regioni alveolari e che quindi partecipa agli scambi gassosi).

$$VA = (V_t - SM) \times fr$$

Come si può vedere dall'equazione VA si ottiene infatti moltiplicando il risultato della sottrazione volume corrente meno spazio morto anatomico ($SM =$ quota di ventilazione che raggiunge le vie aeree ma che non partecipa agli scambi gassosi) per la frequenza respiratoria al minuto. È importante notare che a parità di Ventilazione Minuto la Ventilazione Alveolare è influenzata dal modello ventilatorio utilizzato: VA sarà maggiore con un pattern che utilizza alti V_t e basse fr e sarà minore con un pattern che utilizza bassi volumi polmonari e alte fr .

ESEMPI DI DIFFERENTE VA A PARITÀ DI VE:

$$\begin{aligned} VE &= V_t \cdot Fr & VA &= (V_t - VD) \cdot Fr \\ V_t &= 500 \text{ ml} & Fr &= 12/\text{min} \\ VE &= 500 \times 12 = 6 & & \text{l/min} \\ VA &= (500 - 150) \cdot 12 = 4.2 & & \text{l/min} \\ V_t &= 250 \text{ ml} & Fr &= 24/\text{min} \\ VE &= 250 \cdot 24 = 6 & & \text{l/min} \\ VA &= (250 - 150) \cdot 24 = 2.4 & & \text{l/min} \end{aligned}$$

Tuttavia l'equazione classica $VE = V_t \times fr$, pur se fondamentale, ci porta a leggere l'atto respiratorio solo in termini di quantità di aria che entra ed esce dall'albero

respiratorio (V_t) per un numero di volte al minuto (fr), senza fornire né sufficienti elementi circa i meccanismi che influenzano V_t e fr , né informazioni sul modello ventilatorio che il soggetto utilizza, che può essere vantaggioso o svantaggioso. Si ha perciò la necessità di approfondire la valutazione per poterne trarre delle informazioni di rilevanza clinica più comprensibili ed esaurienti sul controllo della respirazione.

DEFINIZIONE

L'analisi dello SPIROGRAMMA proposta da MILIC-EMILI (fig.1) pur nella sua apparente semplicità, è il risultato di procedimenti estremamente complessi che offrono il vantaggio di esaminare le varie fasi del ciclo respiratorio fornendo una analisi dettagliata e specifica di come respira il soggetto, ovvero del suo PATTERN VENTILATORIO.

Lo spiogramma si ottiene, secondo il metodo convenzionale, facendo respirare il soggetto in aria ambiente, a riposo, collegato con un boccaglio ad uno spirometro o pneumotacografo provvisto di tale opzione. Il CICLO RESPIRATORIO è quindi composto da una fase in cui il volume polmonare aumenta (inspirazione) e da un'altra in cui diminuisce (espirazione). Ogni singolo atto respiratorio viene rappresentato e analizzato in termini di volume polmonare mosso ad ogni atto (V_t), durata dell'inspirazione (t_i), durata dell'espirazione (t_e) e durata totale del singolo atto, data dalla somma $t_i + t_e$ (T_{tot}). Inoltre rapportando il V_t al t_i o al t_e si ottengono rispettivamente il FLUSSO INSPIRATORIO MEDIO (V_t/t_i) e il FLUSSO ESPIRATORIO MEDIO (V_t/t_e), che esprimono rispettivamente il comando motoneuronale centrale di intensità dell'atto inspiratorio e dell'atto espiratorio; e rapportando il t_i o il t_e al tempo totale (T_{tot}) si ottengono rispettivamente il TEMPO INSPIRATORIO MEDIO (t_i/T_{tot}) e il TEMPO ESPIRATORIO MEDIO (t_e/T_{tot}), che esprimono rispettivamente il tempo di attivazione ed inattivazione della muscolatura inspiratoria (fig. 1).

La traduzione dello stimolo neurale in fenomeni meccanici (il flusso inspiratorio) è determinata da una catena di eventi: il sistema nervoso invia lo stimolo ai muscoli, i muscoli muovono la parete toracica, la parete toracica muove i polmoni, i polmoni spostano il gas (fig.2).

In dettaglio. V_t/T_i è considerato il comando (DRIVE) neuromotorio del centro della respirazione. È un indice di intensità

dello stimolo inspiratorio neurale, di INPUT CENTRALE, al pari di altri quali l'elettromiografia (EMG) del diaframma e la pressione di occlusione alla bocca (P_o . 1 = pressione generata dai muscoli inspiratori a Capacità Funzionale Residua, a vie aeree occluse nel primo millisecondo). Senza altro meno preciso e meno aderente, V_t/t_i non è invasivo ed è di facile esecuzione. In un soggetto normale il suo valore è generalmente compreso tra 0.30 e 0.40, più si avvicina alla unità e più è indice di notevole impegno centrale. T_i/T_{tot} è considerato il meccanismo a tempo del centro della respirazione, che inizia e ferma l'inspirazione (TIMING). Esprime pertanto quella frazione di ciclo ventilatorio durante la quale i muscoli inspiratori sono attivati; è in pratica il meccanismo di temporizzazione del ciclo respiratorio. In un soggetto normale il suo valore è generalmente compreso tra 0.30 e 0.40.

VE si può quindi ottenere utilizzando le misure fondamentali, V_t e fr , e moltiplicandole fra loro secondo la classica equazione, o le misure derivate e quindi moltiplicando V_t/t_i per T_i/T_{tot} .

ESEMPIO:

$$VE = V_t \times fr \quad VE = V_t/t_i \times T_i/T_{tot}$$

Dato che la VE è espressa in litri per minuto, mentre il V_t/t_i è espresso in litri per secondo l'equazione va considerata come $VE = V_t/t_i \times T_i/T_{tot} \times 60''$

$$VE = V_t/t_i \times T_i/T_{tot}$$

$$VE = V_t \times 1/T_{tot}$$

$$1/T_{tot} = fr$$

$$VE = V_t \times fr = V_t \times 1/T_{tot}$$

Al confronto matematico con i dati seguenti si può vedere come VE rimane la stessa.

$V_t = 500 \text{ ml}$; $fr = 20 \text{ atti/min}$; $t_i = 1.3''$; $T_{tot} = 3''$

$$a) VE = V_t \times fr$$

$$VE = 0.500 \times 20 = 10 \text{ l}$$

$$b) VE = V_t/t_i \times T_i/T_{tot} \times 60''$$

$$VE = 0.500/1.3 \times 1.3/3 \times 60 = 10 \text{ l}$$

Per la facilità nell'esecuzione e rilevazione ed esaustività di interpretazione, l'uso dell'analisi del pattern ventilatorio proposta da Milic-Emili trova indicazione sia col paziente cronico (nei reparti, in ambulatorio, al domicilio), sia col paziente acuto o sub-acuto (nelle rianimazioni, nelle unità di terapia sub-intensiva).

La presenza di una patologia di tipo restrittivo o ostruttivo comporta variazioni significative e caratteristiche sia del DRIVING che del TIMING.

COMPORAMENTO DEL CICLO VENTILATORIO NEL SANO, NEL RISTRETTO, NELL'OSTRUITO

Nel soggetto sano, giovane e adulto, l'analisi del ciclo respiratorio mostra una f_r e un V_t generalmente nella norma, con un t_i leggermente più breve del t_e e un V_t/t_i e t_i/T_{tot} compresi tra 0,30 e 0,40.

Il soggetto ristretto mostra tipicamente un basso V_t e un'elevata f_r . T_{tot} è ridotto e V_t/t_i e t_i/T_{tot} sono aumentati in misura più o meno significativa.

L'aumento del V_t/t_i nei pazienti in cui vi è un aumento del carico elastico dell'apparato respiratorio, dovuto alla ridotta compliance polmonare, implica un aumento dello stimolo neurologico (fig.3).

Nel BPCO, clinicamente stabile, si assiste, al fine di vincere le resistenze al flusso aereo, ad un aumento della VE accompa-

gnato da un aumento del t_e rispetto al t_i . Viceversa, in presenza di BPCO riacutizzata, ad esempio, la riduzione del t_i determina un aumento del V_t/t_i e una riduzione del T_i/T_{tot} allo scopo di mantenere costante la ventilazione (stesso V_t ma inspirato in un tempo minore). In questo caso, quindi, la scarica motoneuronale centrale aumenta in funzione di un maggiore reclutamento di unità motorie, e conseguentemente il paziente assume un pattern ventilatorio caratteristico, chiamato RAPID SHALLOW BREATHING (respiro rapido e superficiale). La ragione di ciò è ancora oggetto di discussione (fig 4).

CONCLUSIONI

L'analisi del ciclo respiratorio se da una parte ha permesso la formulazione di nuo-

ve ipotesi circa le alterazioni del controllo della ventilazione in pazienti con malattie respiratorie, dall'altra permette al riabilitatore di valutare, impostare e verificare nel tempo sia la modalità respiratoria scelta dal malato, che l'efficacia e l'utilità delle strategie riabilitative utilizzate.

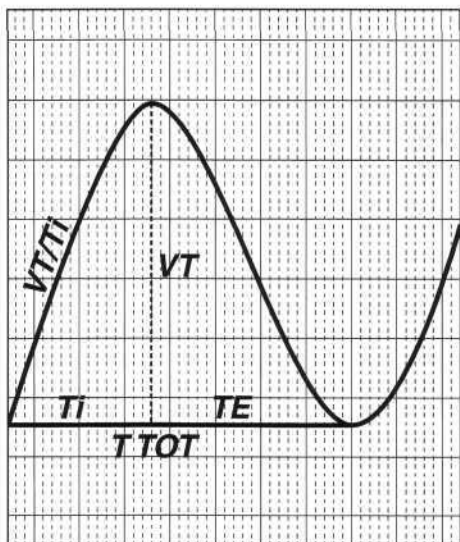


Figura 1: Analisi dello spirogramma e fasi del ciclo del respiro

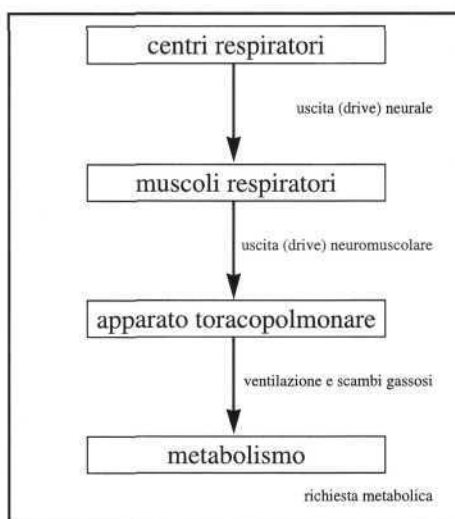


Figura 2: Rappresentazione schematica dei vari sottosistemi coinvolti nella determinazione della ventilazione e dello scambio gassoso

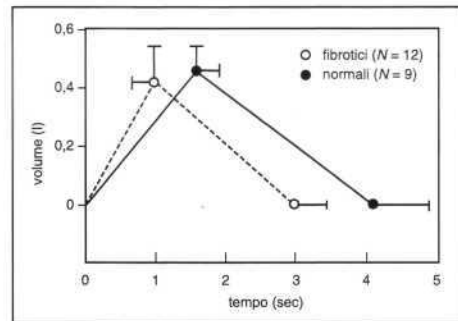


Figura 3: Ciclo ventilatorio medio in 12 pazienti con pneumopatia interstiziale diffusa ed in 9 soggetti normali. Le barre indicano 1 SD (da Renzi G. et al., "Bull. Europ. Physiopath. Respir.". 1981, 18, 161-172)

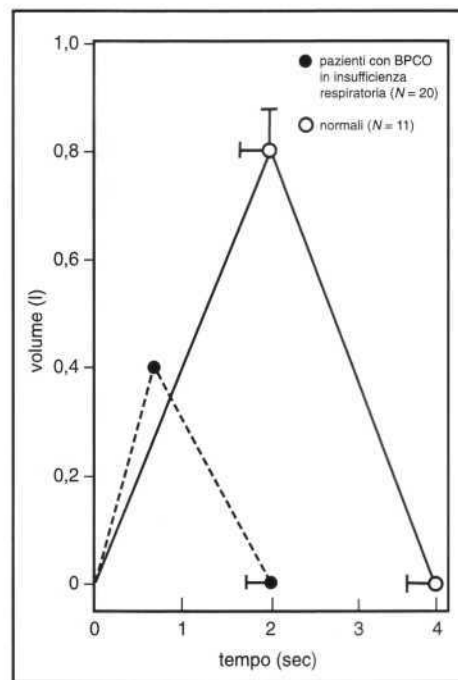


Figura 4: Ciclo ventilatorio medio durante la respirazione di aria ambiente in 20 pazienti con BPCO in insufficienza respiratoria acuta ed in 11 soggetti normali. Le barre indicano 1 SE. E' da notare la ventilazione rapida e superficiale (rapid shallow breathing) (da Aubier M, et al., "Am. Rev. Respir. Dis.". 1980, 122, 191-199)

BIBLIOGRAFIA

AUBIER M., MURCIANO D., FOURNIER M., MILIC-EMILI J., PARTENTE R., DERENNE J. - Central respiratory drive in acute respiratory failure of patients with COPD. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 122, 191-199, 1980
 AUBIER M., MURCIANO D., MILIC-EMILI J., TOUATY E., DAGHFOUS SPARIENTE R., DERENNE J.P. - Effects of administration of O₂ on ventilation and blood gases in patients with COPD during acute respiratory failure. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 122, 747-745, 1980
 ELRIDGE F. Relationship between respiratory nerve and muscle activity and muscle force output. *J. Appl. Physiol.*, 39, 567-574, 1975.
 JAVAHERI S., BLUM J., KAZEMI H. Pattern of breathing and carbon dioxide retention in chronic obstructive lung disease. *Am. J. Med.*, 71, 228-234, 1981
 MILIC-EMILI J. Recent advances in clinical assessment of control of breathing. *Da "Lung"* 1982, 160, 1-17.

BARCROFT J., MARGARIA R. Some effects of carbonic acid on the character of human respiration. *J. Physiol.*, 72, 1931, pp.175-185.
 CLARK R.J., von EULER C. On the regulation of depth and rate of breathing. *J. Physiol.*, 222, 1972, pp.267-295.
 LOVERIDGE B., WEST P., ANTHONISEN N., KRYGER M. - Breathing patterns in patients with COPD. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 130, 730-733, 1984.
 MILIC-EMILI J., GUNSTEIN M. - Drive and timing components of ventilation. *Chest*, 70, 131-133, 1976 (suppl.)
 OLIVEN A., CHERNIAK N., DEAL E., KELSEN S. - The effects of acute bronchoconstriction on respiratory activity in patients with COPD. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 121, 235-241, 1985.
 SORLI J., GRASSINO A., LORANGE G., MILIC-EMILI J. - Contrai of breathing in patients with COPD. *Clin. Sci. Mol. Med.*, 54, 295-304, 1978
 RENZI G., MILIC-EMILI J., GRASSINO A. Control of breathing in diffuse lung fibrosis. "Bull. Europ. Physiopath. Respir.", 1981, 18, 461-472.

LETTURE CONSIGLIATE

* "L'ANALISI DEL PROFILO VENTILATORIO" tratto da VALUTAZIONE E TRATTAMENTO RIABILITATIVO IN PATOLOGIA RESPIRATORIA di Nicolino Ambrosino - A. Marrapese Editore Esecutivo

* "SEGNI CLINICI DELLO SCOMPENSO ACUTO NELLE BRONCOPNEUMOPATIE CRONICHE" tratto da L'INSUFFICIENZA RESPIRATORIA CRONICA SCOMPENSATA di M. Aubier e D. Robert - Ed. MASSON.

* "REGOLAZIONE DELLA VENTILAZIONE" tratto da TERAPIA PNEUMOLOGICA di Grassi-Muesan ED. USES.

T.d.R. Monica Bassi