



68° CONGRESSO NAZIONALE SIGG

Ritorno al futuro

FIRENZE, 13-16 DICEMBRE 2023  
PALAZZO DEI CONGRESSI



## Principali modalità di ventilazione

Filomena Addante  
UOC di Geriatria

Fondazione IRCCS «Casa Sollievo della Sofferenza»





## Ventilazione meccanica

### VENTILAZIONE + INTERFACCIA

- tubo naso/orotracheale
- cannula tracheostomica

- maschera nasale/oronasale/ faciale
- scafandro

**VENTILAZIONE INVASIVA**

**VENTILAZIONE NON INVASIVA**





## Ventilazione non invasiva

### PRESSIONE POSITIVA

Si genera all'interno delle vie aeree una pressione positiva che aiuta l'espansione del torace e riduce il lavoro meccanico respiratorio.

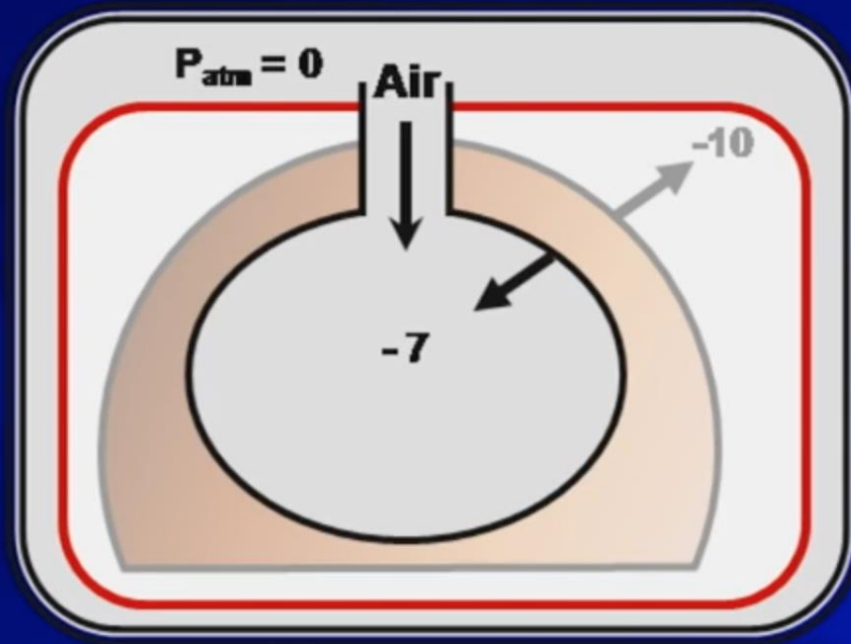


### PRESSIONE NEGATIVA

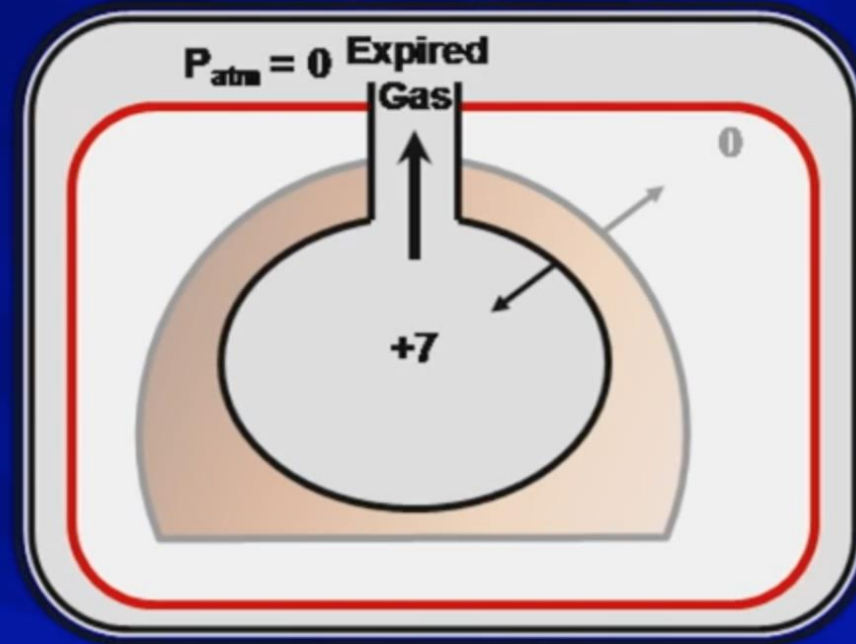
Uno strumento esterno crea attorno alla gabbia toracica una pressione negativa tale da espandere il torace ed innescare l'atto inspiratorio.

Utilizzata molto raramente in centri specializzati solo in casi particolari.

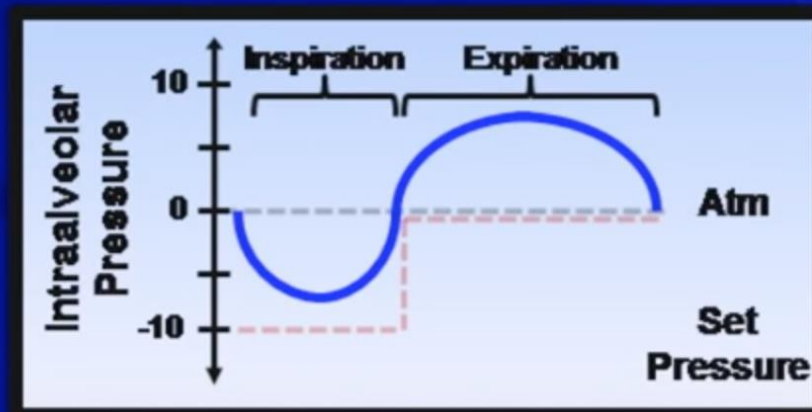


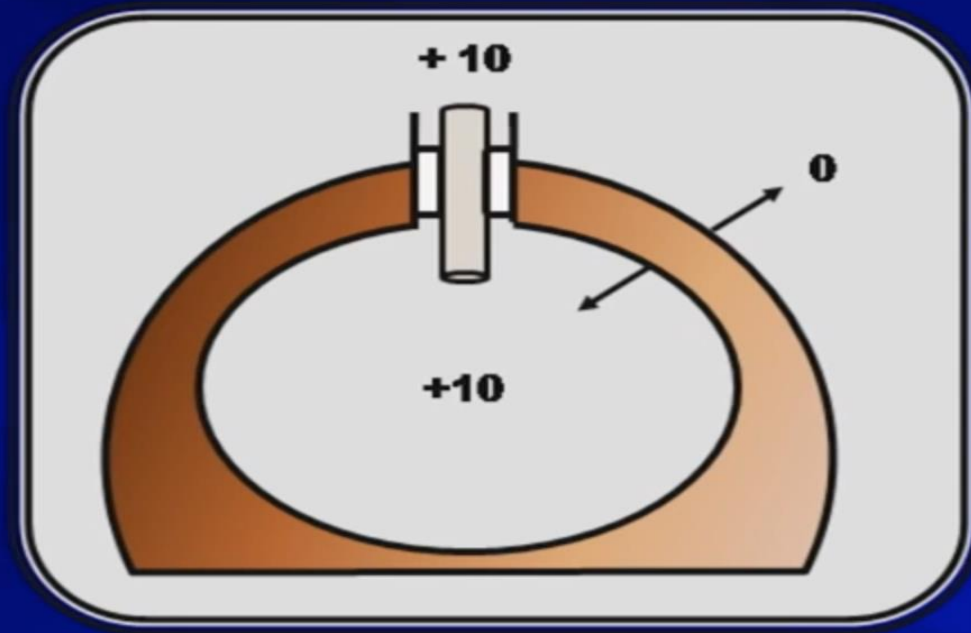


Inspiration

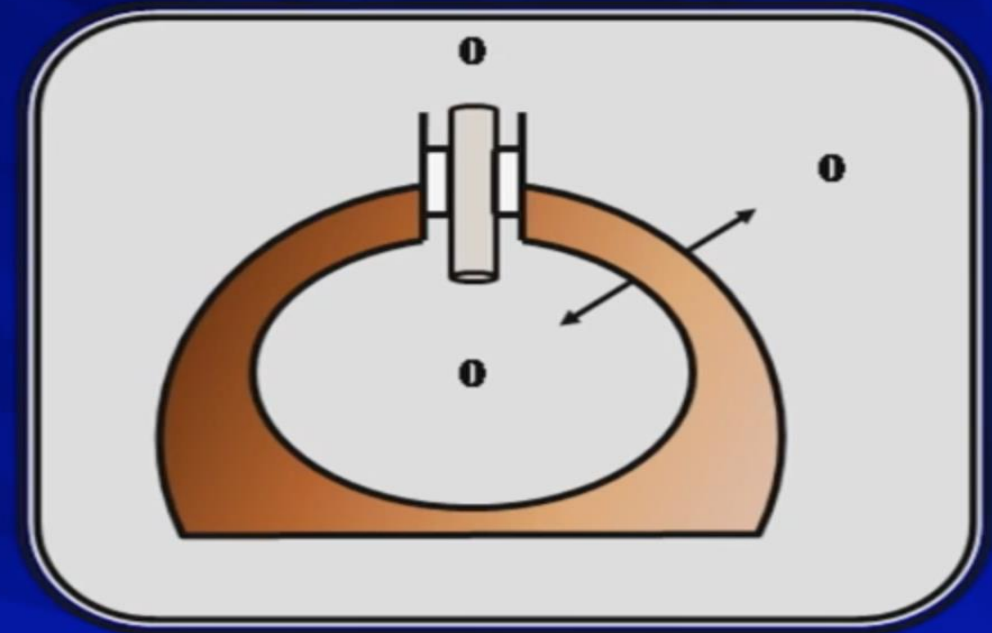


Expiration

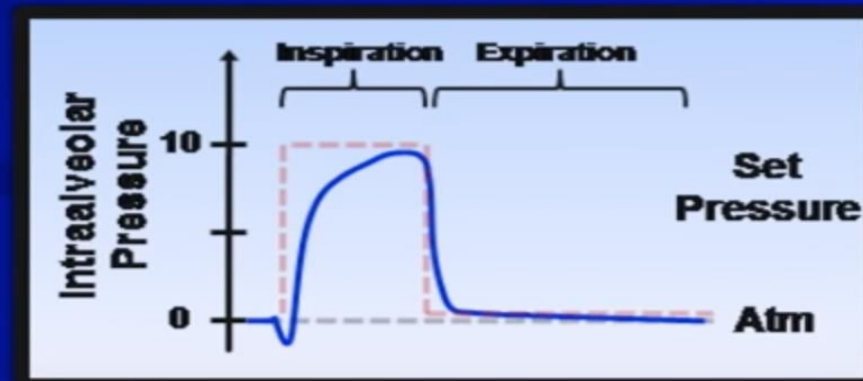




Inspiration



Expiration





# Variabili che controllano il funzionamento del ventilatore

- **Variabile di controllo (direttamente erogata)**
- Trigger (attivazione)
- Cycling (spegnimento)



## MODALITÀ DI VENTILAZIONE A PRESSIONE POSITIVA

### VOLUMETRICA

Si imposta il ventilatore in modo che il paziente mantenga un volume corrente costante stabilito dall'operatore, a prescindere dalle pressioni erogate dal ventilatore necessarie per ottenerlo.



#### IMPOSTO

volume corrente  
(variabile indipendente)

#### LEGGO

pressione vie aeree  
(variabile dipendente)

#### RISCHIO

barotrauma, minore tolleranza

### PRESSOMETRICA

Si imposta il ventilatore in modo da erogare sempre le stesse pressioni positive scelte dall'operatore, a prescindere dal volume corrente che sarà poi sviluppato dal paziente. È la modalità di ventilazione comunemente utilizzata per la NIV.



#### IMPOSTO

pressione vie aeree  
(variabile indipendente)

#### LEGGO

volume corrente  
(variabile dipendente)

#### RISCHIO

non garantisce un volume  
corrente costante



### MODALITÀ DI INTERAZIONE PAZIENTE/VENTILATORE

#### ASSISTITA

Il paziente, costantemente in respiro spontaneo, viene assistito durante l'atto inspiratorio da un aumento di pressione erogato dal ventilatore. È la modalità di interazione tipicamente utilizzata durante NIV.

Il ventilatore **ASSISTE** la ventilazione del paziente.

Il **paziente** decide inizio e fine di inspirazione ed espirazione.

Il **paziente** decide Tempo Inspiratorio (Ti) e FR.

#### CONTROLLATA

Sostituzione totale della ventilazione spontanea del paziente da parte del ventilatore che realizza gli atti inspiratori automaticamente ad intervalli fissi stabiliti dall'operatore.

Il ventilatore **FORNISCE** la ventilazione al paziente.

Il **ventilatore**, impostato dal medico, decide inizio e fine di inspirazione ed espirazione.

Il **ventilatore** decide Tempo Inspiratorio (Ti) e FR.

#### ASSISTITA/CONTROLLATA

Uno sforzo inspiratorio spontaneo del paziente viene assistito dal ventilatore. In caso di assenza di sforzo inspiratorio da parte del paziente il ventilatore eroga automaticamente un atto inspiratorio controllato.





# Variabili che controllano il funzionamento del ventilatore

- Variabile di controllo  
(direttamente erogata)
- **Trigger (attivazione)**
- Cycling (spegnimento)



### INSPIRAZIONE

#### 1. Trigger inspiratorio

Il paziente respira spontaneamente in un circuito chiuso all'interno del quale il ventilatore eroga un flusso continuo di base (*flow-by*) regolato dall'apertura e dalla chiusura di due valvole (inspiratoria ed espiratoria) dotate di sensori.

A fine espirazione il flusso in uscita dal ventilatore che attraversa la valvola inspiratoria è uguale a quello in entrata che attraversa la valvola espiratoria.

Quando il paziente inizia spontaneamente a inspirare sottrae **PRESSIONE** o **FLUSSO** dal sistema. Il ventilatore rileva a livello della valvola espiratoria la riduzione di pressione/flusso e innesca quindi l'atto meccanico che fornisce il supporto di pressione.

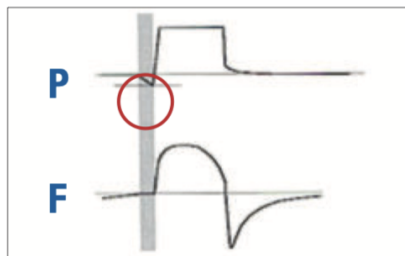
→ questa riduzione di flusso o di pressione che scatena la risposta del ventilatore è denominata **trigger inspiratorio**

#### TRIGGER INSPIRATORIO

##### Trigger A PRESSIONE

Il ventilatore è attivato dalla caduta di pressione all'interno del circuito provocata dalla contrazione della muscolatura inspiratoria del paziente.

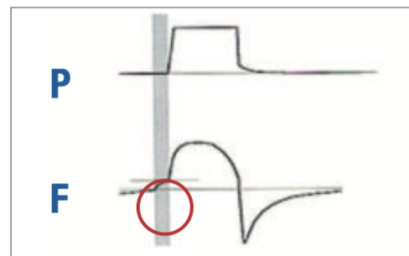
Nel **cerchio rosso**: sottrazione spontanea di pressione dal sistema da parte del paziente a cui segue immediatamente l'erogazione di una pressione di supporto.



##### Trigger A FLUSSO

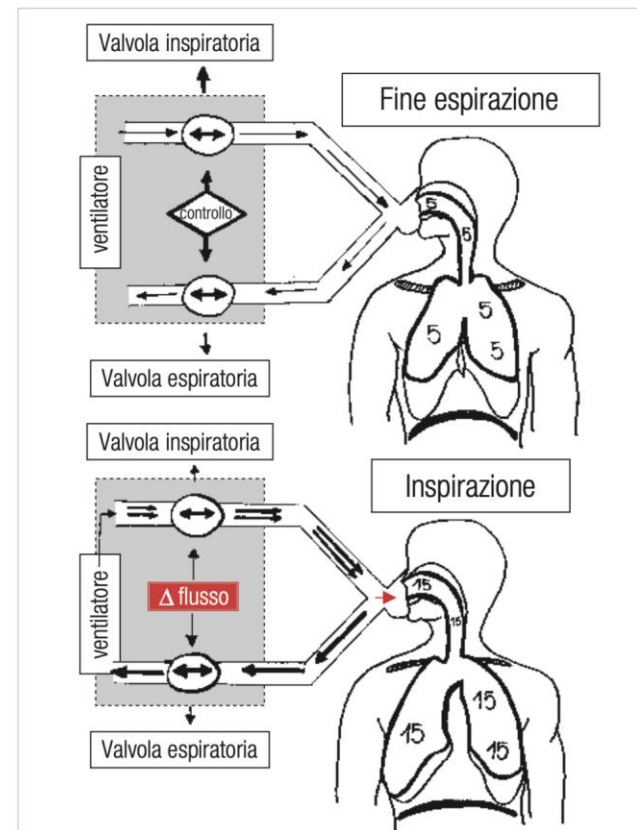
Il ventilatore è attivato dalla modificazione di flusso all'interno del circuito determinata dall'attivazione della muscolatura inspiratoria. Il trigger a flusso è più sensibile di quello a pressione.

Nel **cerchio rosso**: modifica del flusso di base operato dal paziente.



P = pressione; F = flusso

#### TRIGGER INSPIRATORIO A FLUSSO



Esempio di BiLevel impostata con: trigger a flusso, EPAP 5, PS 10, IPAP 15

Impostando il trigger a pressione, avviene lo stesso meccanismo.

Alcuni ventilatori, utilizzando un software dedicato (*AutoTrak™*), impostano automaticamente il trigger inspiratorio adattandolo al pattern respiratorio del paziente.



# Variabili che controllano il funzionamento del ventilatore

- Variabile di controllo  
(direttamente erogata)
- Trigger (attivazione)
- **Cycling (spegnimento)**



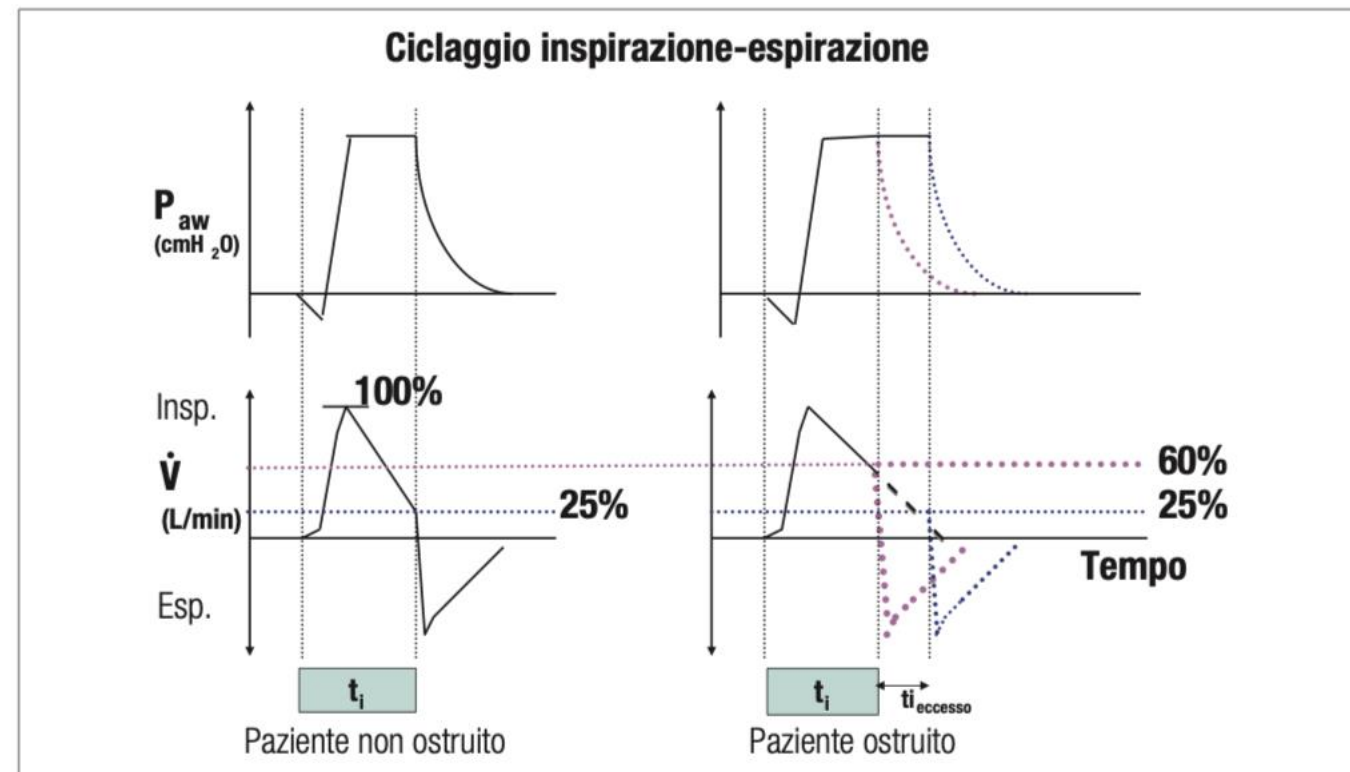
### ESPIRAZIONE

Per un buon adattamento tra paziente e ventilatore è fondamentale che IPAP ed EPAP del ventilatore corrispondano il più possibile con la reale inspirazione ed espirazione del paziente. Il ventilatore regola il passaggio da IPAP ad EPAP in base all'andamento del flusso inspiratorio. Il flusso inspiratorio è massimo ad inizio inspirazione e tende poi progressivamente ad affievolirsi con il progredire verso fine inspirazione.

I software dei ventilatori percepiscono il punto di massimo flusso inspiratorio e, quando il flusso cade ad una percentuale preimpostata (generalmente 25%) del punto massimo raggiunto, essendo ormai prossima la fine dell'inspirazione e l'inizio dell'espirazione, cicla al valore di EPAP.

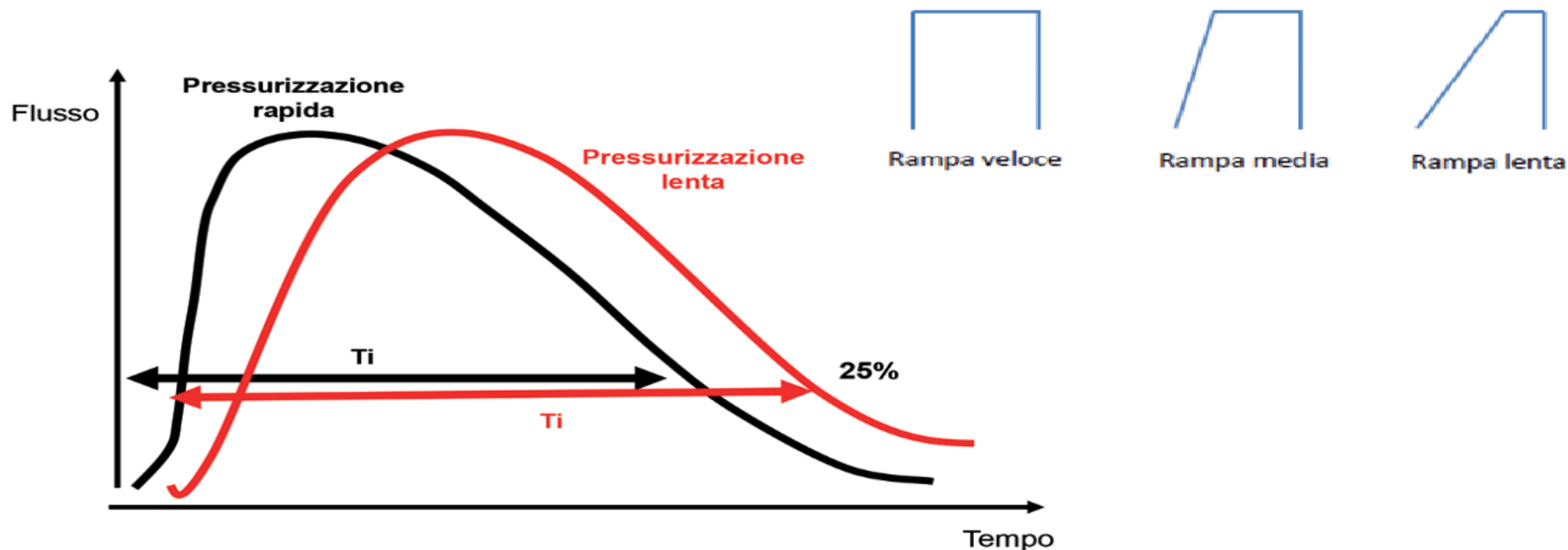
Il ciclaggio all'espirazione ad una percentuale prefissata del massimo flusso inspiratorio presenta alcuni problemi. Nel paziente ostruito, l'aumento di resistenza delle vie aeree fa sì che il flusso inspiratorio decresca più lentamente nel tempo. Se il ventilatore cicla solo alla percentuale preimpostata del 25%, questa verrà raggiunta molto tardivamente, e il ventilatore passerà alla fase espiratoria in ritardo rispetto alla reale espirazione del paziente, creando dissincronia paziente-ventilatore e aumento del lavoro respiratorio.

I ventilatori più recenti hanno la possibilità di modulare la percentuale del flusso al quale cicla il ventilatore. Nel paziente ostruito, ad esempio, facendo ciclare il ventilatore a percentuali più elevate rispetto al flusso massimo (es. 50-60%), sarà più facile far coincidere espirazione del ventilatore ed espirazione effettiva del paziente, ripristinando una corretta sincronia paziente-ventilatore. E' da sottolineare che queste modificazioni del ciclaggio all'espirazione non "impongono" al malato alcuna modifica del proprio pattern respiratorio, l'obiettivo è viceversa quello di "imporre" al ventilatore un pattern respiratorio il più possibile simile a quello del paziente.





## Rampa/ Salita/ T di pressurizzazione



Tempo in cui viene erogato il supporto pressorio inspiratorio. Graficamente rappresentato dalla pendenza della curva di pressione: a parità di trigger espiratorio anch'essa influisce sul tempo inspiratorio. Una rampa *rapida* riduce il tempo inspiratorio, al contrario una pressurizzazione lenta ritarda il ciclaggio



### MODALITÀ DI VENTILAZIONE ASSISTITA

#### Pressure Support (PS)

Imposto la pressione da fornire ad ogni atto spontaneo del paziente.

#### Average Volume Assured Pressure Support (AVAPS)

Imposto il volume corrente target da erogare mediamente durante gli atti spontanei del paziente e la pressione inspiratoria massima che può atto per atto essere utilizzata per ottenerlo.

#### Proportional Assist Ventilation (PAV)

La pressione generata dal ventilatore è proporzionale allo sforzo del paziente. L'attività spontanea del paziente condiziona la risposta del ventilatore in termini di pressione, flusso, volume corrente e rapporto I/E.

#### Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)

Non è una vera e propria modalità di ventilazione. Il paziente respira spontaneamente in un sistema chiuso all'interno del quale è costantemente mantenuta una pressione maggiore di quella atmosferica.

**NB!** in tutte le modalità di ventilazione assistita è solitamente possibile impostare un numero minimo degli atti inspiratori spontanei al di sotto del quale vengono erogati atti controllati (ventilazione di backup) in modo da garantire una frequenza respiratoria minima indipendente dal drive respiratorio del paziente.

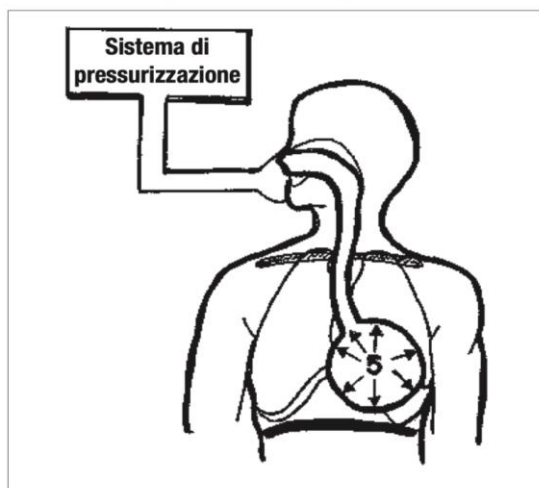


## CPAP

### PEEP

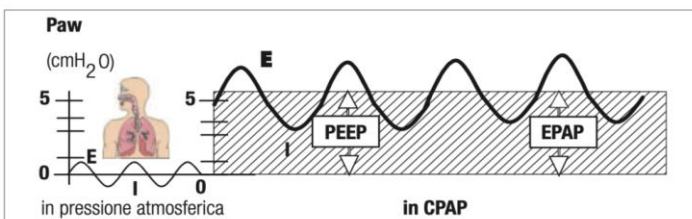
PEEP (*Positive End-Expiratory Pressure*)

in inspirazione e in espirazione



Nell'esempio in figura:

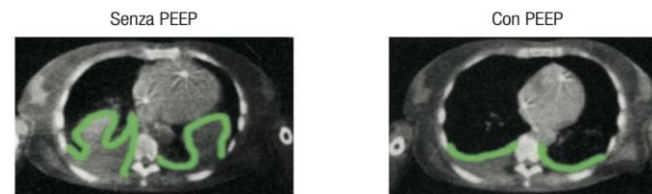
PEEP (o EPAP) = 5 cmH<sub>2</sub>O  
CPAP



L'obiettivo nel fornire una **PEEP**, cioè una pressione di fine espirazione positiva, è quello di **reclutare** il numero maggiore di alveoli che siano parzialmente imbibiti (per esempio di trasudato) o atelettasici per compressione. Si parla di **CPAP** quando la pressione positiva applicata rimane costante durante tutto il ciclo respiratorio.

L'applicazione di una PEEP:

- ↑ Capacità funzionale residua
  - ↑ Compliance polmonare
  - ↓ Quota di *shunt*
- Migliora l'ossigenazione
- ↓ Lavoro respiratorio



Il risultato del reclutamento è il miglioramento dello **scambio gassoso**.

**PEEP**  
**Positive End-Expiratory Pressure**  
(pressione positiva di fine espirazione)

Alla fine di una espirazione passiva la pressione all'interno delle vie aeree del paziente viene mantenuta al di sopra della pressione atmosferica grazie a una resistenza esterna che si oppone al completo svuotamento passivo del polmone. La pressione all'interno delle vie aeree, quindi, non è zero come nell'aria ambiente, ma risulta essere costantemente positiva.

**EPAP**  
**Expiratory Positive Airway Pressure**  
(pressione espiratoria positiva nelle vie aeree)  
Sinonimo di PEEP.

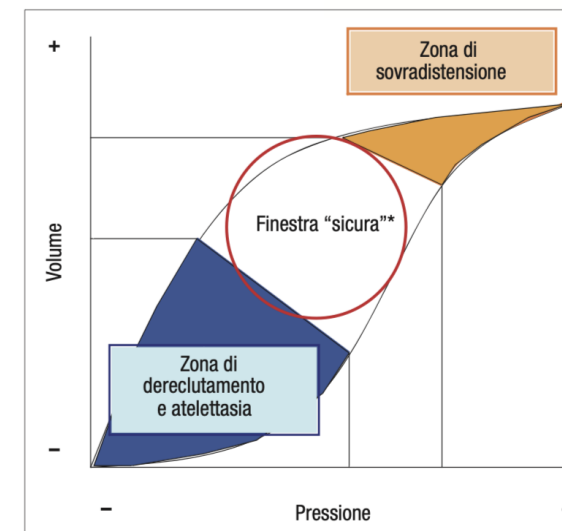
**CPAP**  
**Continuous Positive Airway Pressure**  
(pressione positiva continua nelle vie aeree)  
Pressurizzazione al di sopra dello zero atmosferico di un circuito chiuso all'interno del quale il paziente inspira ed espira spontaneamente. Si applica quindi una pressione positiva continua (PEEP) durante tutto il ciclo respiratorio.

### Perché è importante scegliere il giusto valore di PEEP?

Se uso valori di PEEP **troppo bassi** (zona di dereclutamento):  
l'applicazione di valori troppo bassi di PEEP può non essere sufficiente al completo reclutamento alveolare.

Se uso valori di PEEP **troppo alti** (zona di sovradistensione alveolare):

- aumento dello spazio morto alveolare
- riduzione della compliance (incremento del lavoro respiratorio)



\*Ottimizzazione dei valori di PEEP tali da garantire il miglior reclutamento possibile.

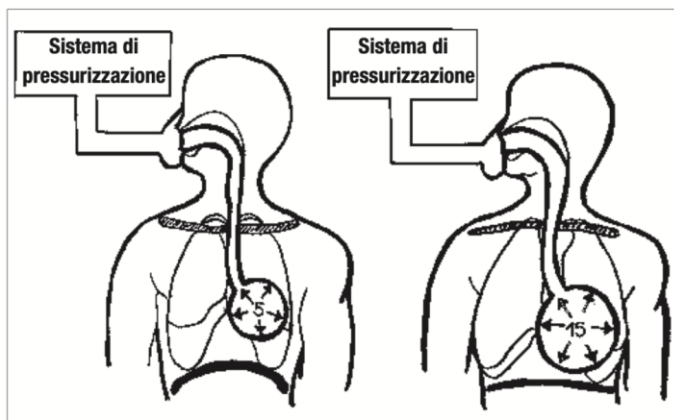


### Pressione di supporto (PS)

PEEP + PS  
(Pressure Support)

in espirazione

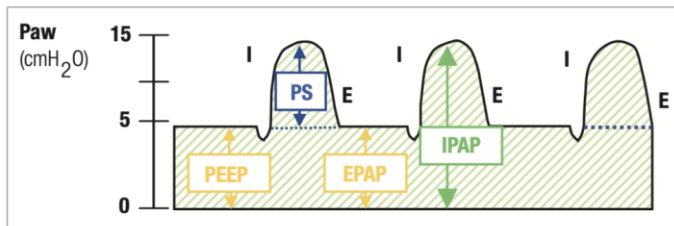
in inspirazione



- nell'esempio:

PEEP (o EPAP) = 5 cmH<sub>2</sub>O    PEEP (5) + PS (10) = IPAP (15 cmH<sub>2</sub>O)

BiLEVEL



La somministrazione durante la fase inspiratoria di una pressione di supporto (**PS** o pressione sovra-PEEP) ha come obiettivo quello di migliorare la ventilazione facilitando l'abbassamento del diaframma.

In tal modo si ha una **RIDUZIONE** del **LAVORO** della **MUSCOLATURA** respiratoria.

Inoltre, nel paziente BPCO riacutizzato in acidosi respiratoria acuta, l'impegno della muscolatura respiratoria è dovuto anche alla presenza della PEEP intrinseca (PEEP<sub>i</sub>, vedi Box 3 p. 30). In questo caso l'applicazione di una **PEEP** esterna non serve per reclutare ma per controbilanciare la PEEP<sub>i</sub>.

Ciò permette di eliminare CO<sub>2</sub>, di ridurre i valori di PaCO<sub>2</sub> e aumentare, quindi, il pH.

#### Quando posso utilizzare la sola PS senza una PEEP?

Quando non occorre reclutare alveoli e non si sospetta la presenza di PEEP<sub>i</sub> nelle vie aeree del paziente. Per esempio, di fronte a un deficit muscolare puro (come nel caso di SLA) (vedi p. 91).

#### PS

##### Pressure Support

(pressione di supporto)

Incremento di pressione positiva nelle vie aeree del paziente durante la fase inspiratoria al fine di sostenere lo sforzo inspiratorio spontaneo iniziato dal paziente.

#### IPAP = PEEP + PS

##### Inspiratory Positive Airway Pressure

(pressione inspiratoria positiva nelle vie aeree)

Pressione positiva di fine inspirazione delle vie aeree.

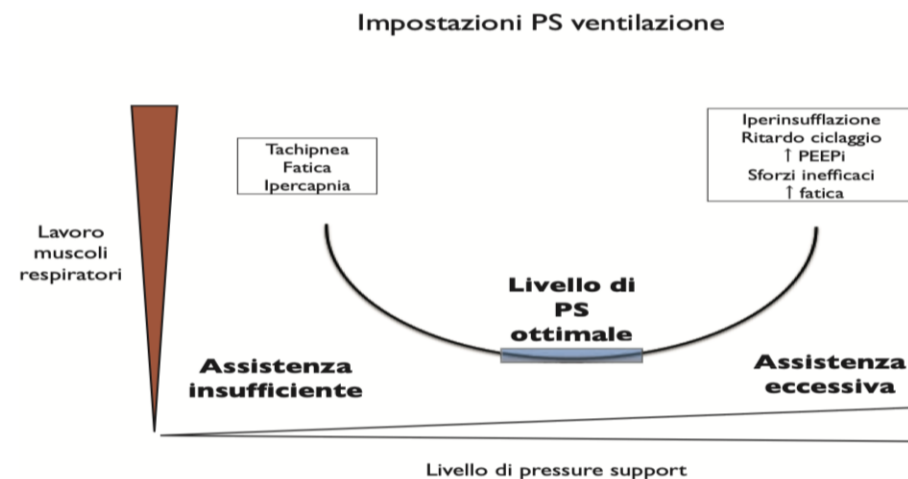




### Perché è importante mantenere i corretti livelli di PS?

Scegliere il corretto valore di PS da somministrare al paziente è fondamentale perché sia una sua sottostima che una sovrastima potrebbe affaticare eccessivamente la muscolatura del paziente:

- sottostima (bassi livelli di PS):  
il paziente continuerebbe a stancare la muscolatura accessoria, trattenendo quindi CO<sub>2</sub>
- sovrastima (eccessivi livelli di PS):  
si determinerebbe un'iperinsufflazione che stancherebbe la muscolatura del paziente e contribuirebbe ad una asincronia paziente-ventilatore con sforzi inefficaci da parte del paziente



Gli strumenti che possono aiutare nell'impostazione del corretto valore di PS sono:

- valutazione della sincronia paziente-ventilatore
- valutazione delle curve di flusso e di volume
- presenza di perdite



### 7. IMPOSTA I PARAMETRI DELLA BiLEVEL

In funzione della modalità di ventilazione utilizzata, i parametri di pressione da impostare saranno:

#### in PSV

→ **PEEP = 4-6** cm H<sub>2</sub>O

Nei pazienti con BPCOr serve per controbilanciare il carico inspiratorio dovuto alla PEEP<sub>i</sub>.

Nei pazienti neuromuscolari non è necessaria, a meno che non sia richiesta di *default* dal ventilatore.

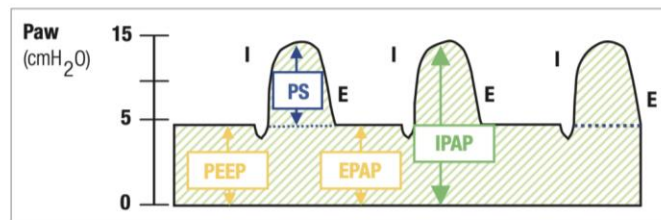
→ **PS = 8-10** cmH<sub>2</sub>O e poi un incremento di **2 cmH<sub>2</sub>O** a volta fino a ottenere un **V<sub>te</sub> = 5-7 mL/Kg**

Agisce "scaricando" la muscolatura e diminuendo la fatica muscolare.

#### in BiLEVEL

→ **EPAP = PEEP**

→ **IPAP = PEEP + PS**



→ **FiO<sub>2</sub> =** tale che SpO<sub>2</sub> tra 88-92% nella BPCOr  
tale che SpO<sub>2</sub> ≥ 94-98% nelle altre patologie

### Altri parametri regolabili a seconda del ventilatore

#### → Trigger inspiratorio:

Il più sensibile possibile evitando però l'*autotrigger*.  
Sensibilità del trigger:  
flusso > pressione

- a flusso: ≈ 1 L/m
- a pressione: ≈ -0,5/-1 cmH<sub>2</sub>O

**Attenzione.** In alcuni ventilatori la regolazione del trigger viene effettuata sulla base di una scala di sensibilità [es.: 1 (max sens) → 5 (min sens)] i cui valori non rappresentano quindi i valori assoluti di pressione/flusso.

Se ci sono molte perdite è preferibile utilizzare il *trigger* a pressione.

#### → Ciclaggio espiratorio:

- 25-40%
- BPCOr: ≥ 40%
- neuromuscolare = 25%

#### → Rise time:

- BPCOr: rapido (≈ 0,05/0,10 sec)
- Neuromuscolari/ipoventilanti (obesi): lento (≈ 0,30/0,40 sec)

**Attenzione.** Un *rise time* troppo breve potrebbe essere mal tollerato dal paziente (rischio fallimento!!!)  
→ controlla subito il *comfort* del paziente.

#### → Frequenza di *back-up*:

~ 10-12 atti/minuto



68° CONGRESSO NAZIONALE SIGG

Ritorno al futuro

FIRENZE, 13-16 DICEMBRE 2023  
PALAZZO DEI CONGRESSI



Impostare e controllare il ventilatore per la NIV è ?

Facile ?

Difficile ?