

# Ventilatori e Ventilazione

Paolo Groff

ED

Ospedale «Madonna del Soccorso»

San Benedetto del Tronto, Italy

**Bertinoro, 12.09.2016**



# Ventilatore meccanico a pressione positiva (cos'era)

- Promuove **l'inspirazione** in un soggetto completamente passivo applicando in modo intermittente una pressione positiva all'apertura delle vie aeree (l'estremità di un tubo endotracheale o di una cannula tracheostomica)
- Consente **l'espirazione** interrompendo l'erogazione della pressione che ha causato l'inspirazione e sfruttando il ritorno elastico della gabbia toracica

# Ventilatore meccanico a pressione positiva (Che cos'è oggi per la NIV)

- Facilita **l'inspirazione** in Un soggetto vigile e collaborante applicando una pressione intermittente all'apertura delle vie aeree (una maschera a tenuta) seguendo il suo spontaneo drive respiratorio
- Consente **l'espirazione** interrompendo l'erogazione della pressione che ha facilitato l'inspirazione, sfruttando il ritorno elastico della gabbia toracica, quando il flusso inspiratorio è interrotto spontaneamente dal paziente

# Obiettivi della NIV

- Ridurre il lavoro respiratorio (WOB)
- Migliorare lo scambio dei gas
- Dare tempo alla terapia medica
- Garantire il comfort, perché questi pz generalmente sono vigili e collaboranti e desiderano interagire con l'ambiente nel modo più normale possibile e l'intolleranza alla metodica correla con il fallimento delle NIV (cerca di ottenere una buona sincronizzazione!)

# Ventilators for NIV

|   | Simple Bilevel  | Advanced Bilevel  | ICU Ventilators  |
|---|---|---|--|
| <b>Gas-supplying system</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbine</li> <li>• (Piston)</li> </ul> | Turbine   | Pneumatic compressor   |
| <b>Inspiratory/Expiratory valves</b>                  | Simple on-off   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple on-off</li> <li>• Porportional-servocontrolled</li> </ul> | Proportional servocontrolled                                       |
| <b>Circuit</b>  | single  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• single</li> <li>• double</li> </ul>                              | double   |
| <b>Synchronization system</b>                         | Trigger, Cycling, Leak compensation   | Adjustable trigger and cycling, Leak compensation   | Adjustable trigger and cycling<br>NIV-mode                         |
| <b>Operating system (setting, monitoring, alarms)</b> | Simple, one modality available, No graphics                                     | Complex, main modalities available, graphics  | Complex, all modalities available, graphics, respiratory mechanics |

# Simple Bilevel



# Ventilatore a turbina

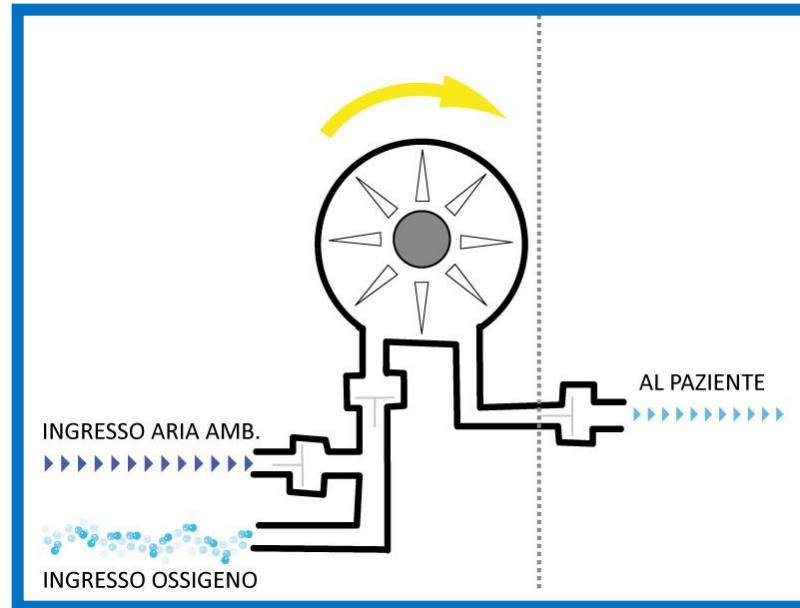


# Ventilatore da terapia intensiva





# Sistema di alimentazione dei gas



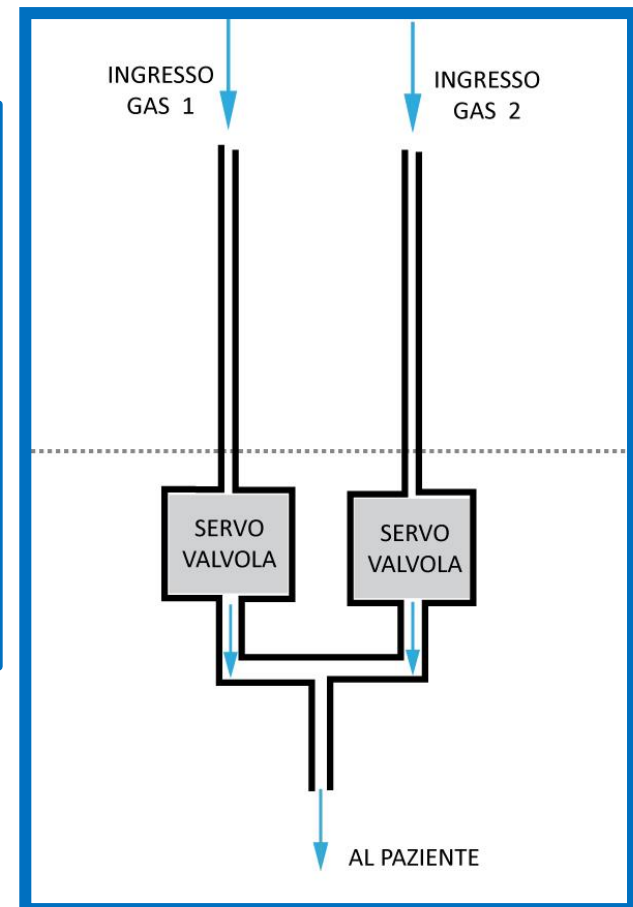
**Turbina:** rapida risposta a improvvise necessità di incrementare il flusso (compensazione delle perdite).  
Incostante performance nel caso di necessità di pressioni o flussi molto alti  
Rapido consumo della batteria interna.

# Sistema di alimentazione dei gas

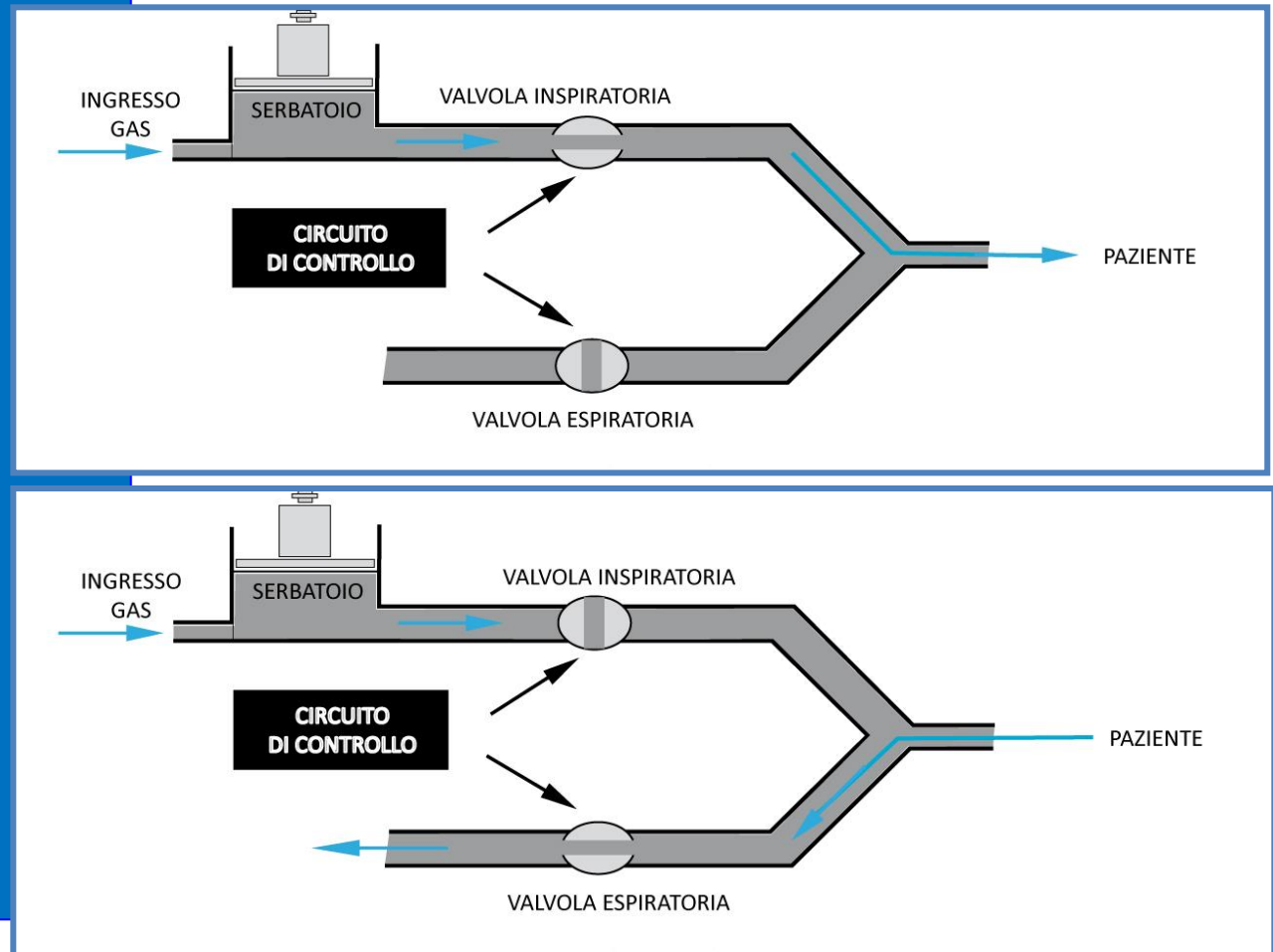
## Tubi per gas pre-compressi

### Sistema pneumatico ad alta pressione:

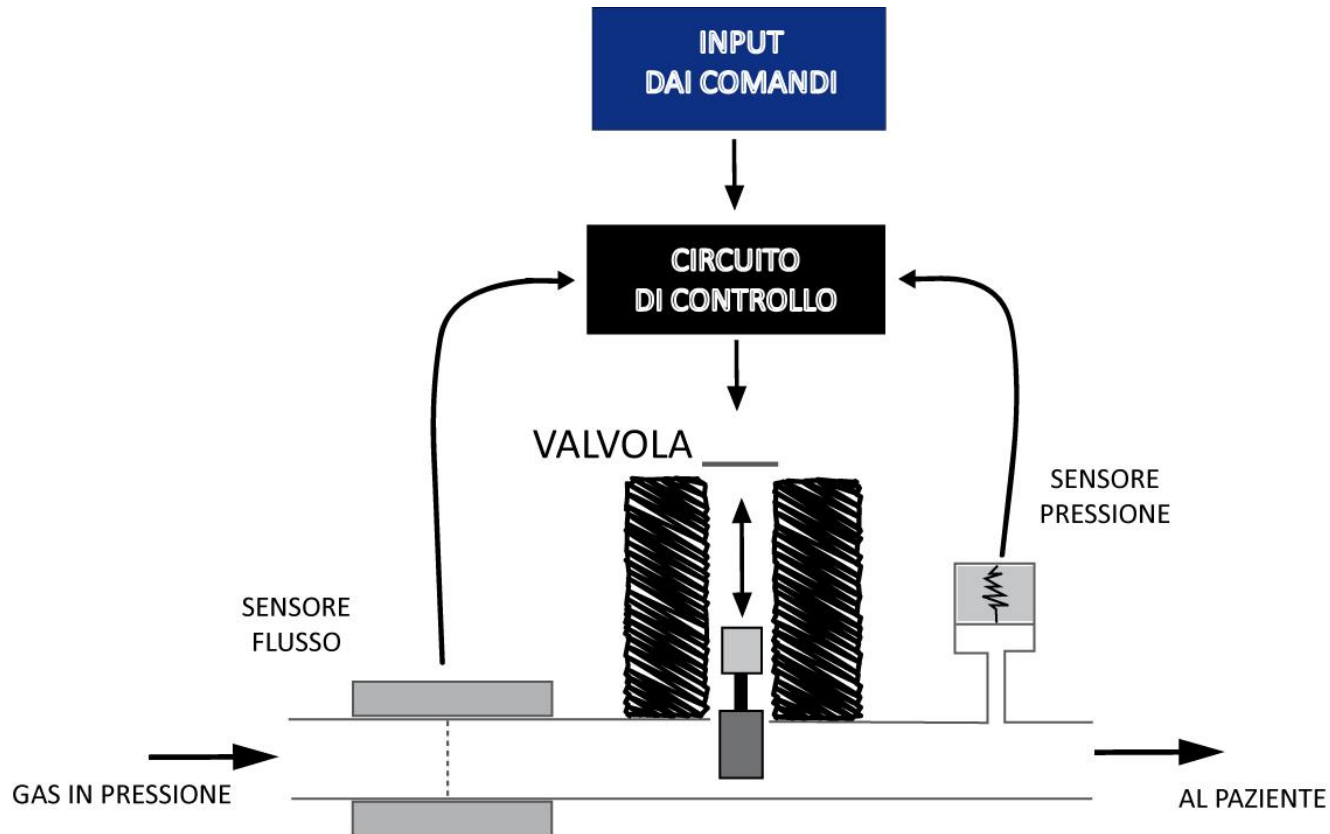
Performance costante e indipendente dalle modificazioni della meccanica respiratoria e dalla richiesta ventilatoria. Consente il monitoraggio della meccanica respiratoria



# Inspiratory and expiratory valves



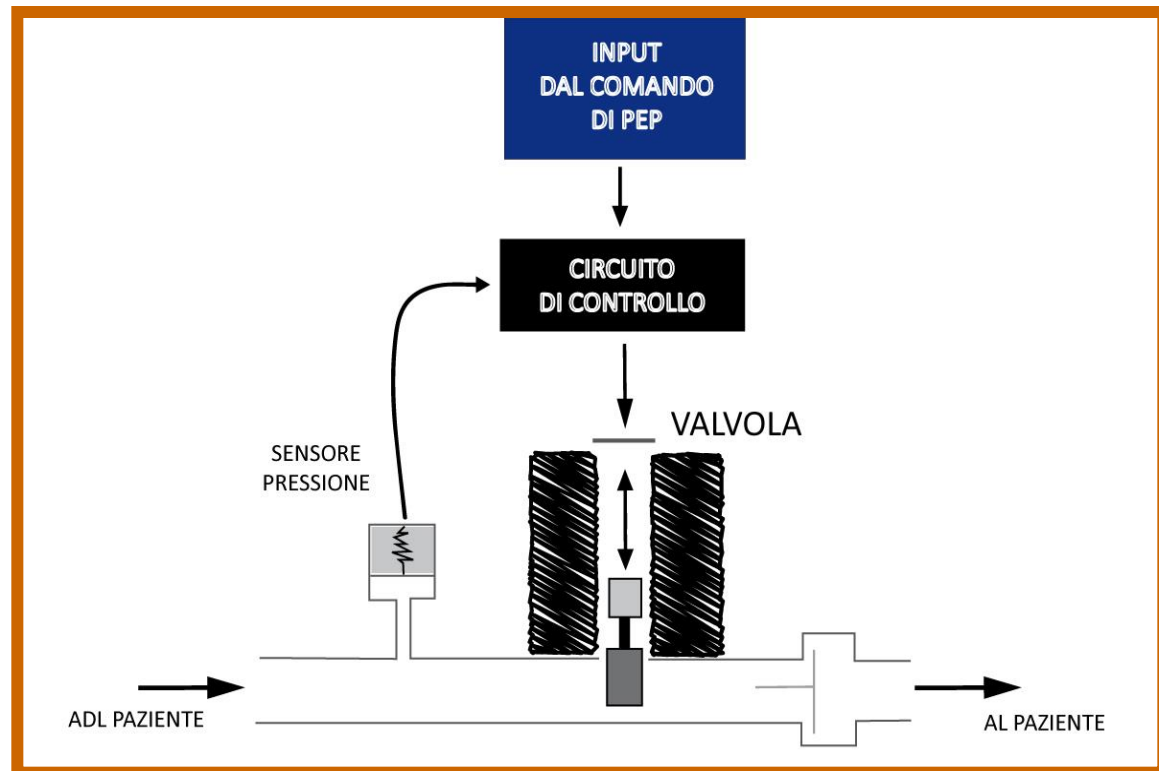
# Servo-controlled inspiratory valve



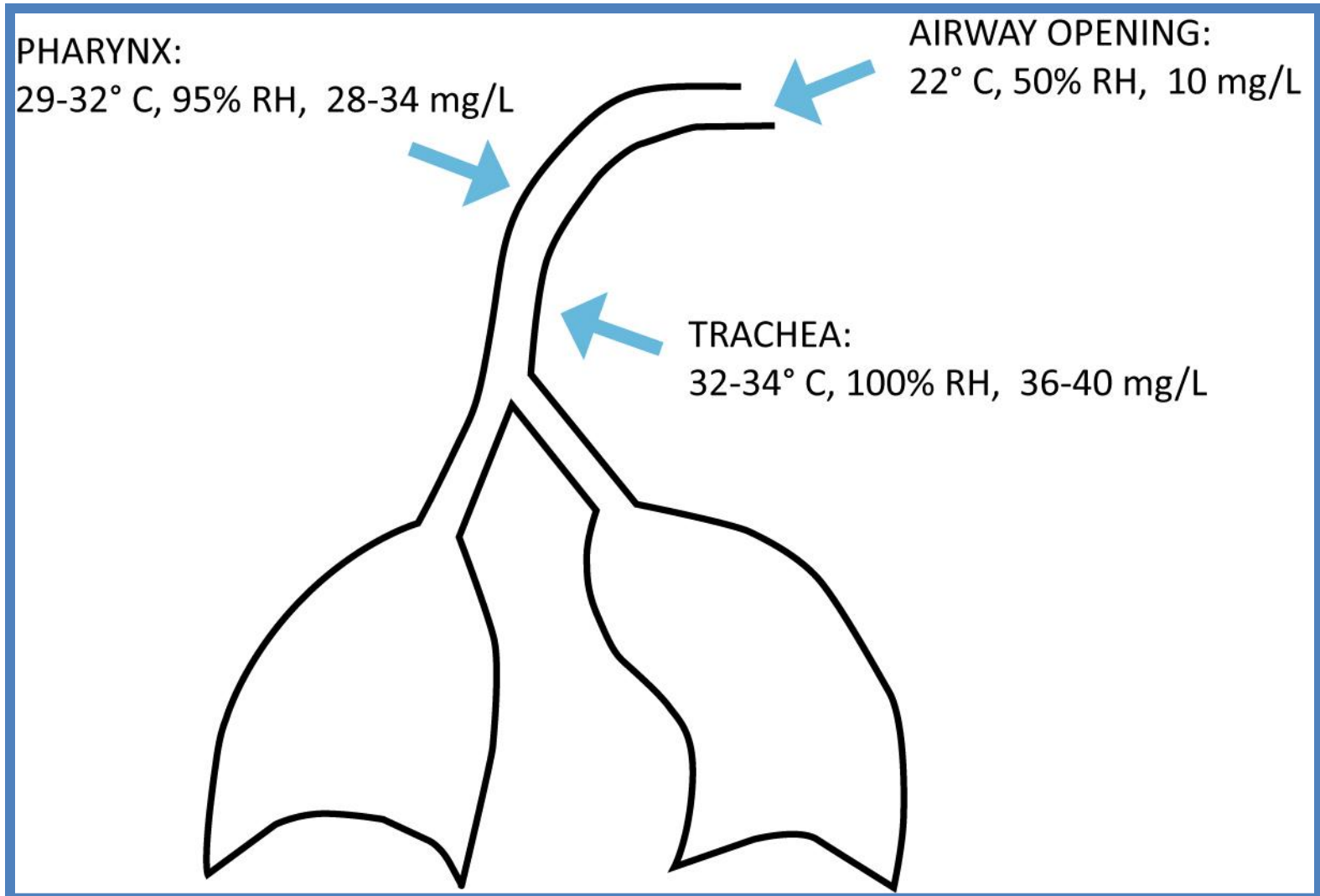
**The same ventilator can fit a volume-controlled or a pressure-controlled modality**

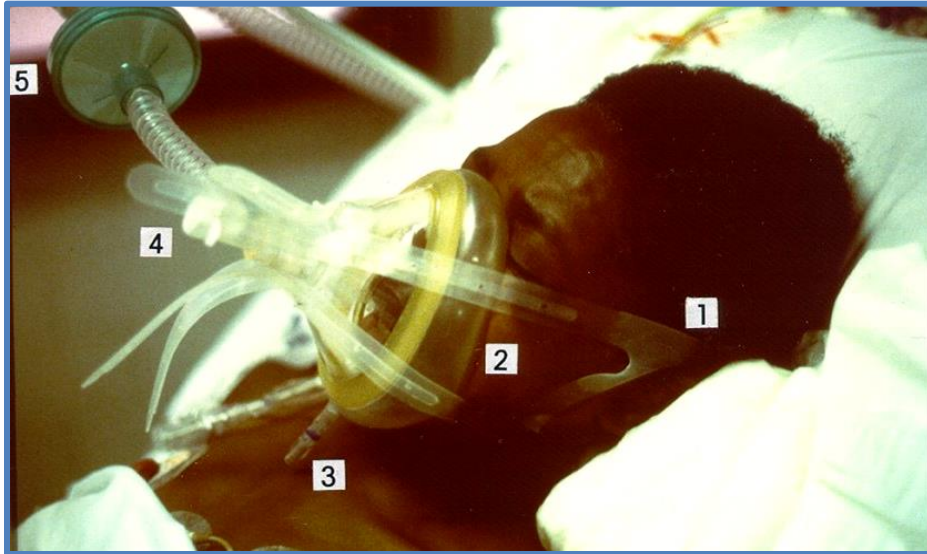
# Servo-controlled expiratory valve

- **Unidirectional**
- **Achievement of ePEEP with:**
- **Stability of performance**
- **Integration of PEEP function in the electronic operation of the ventilator, with particular effects on pressure-trigger setting**



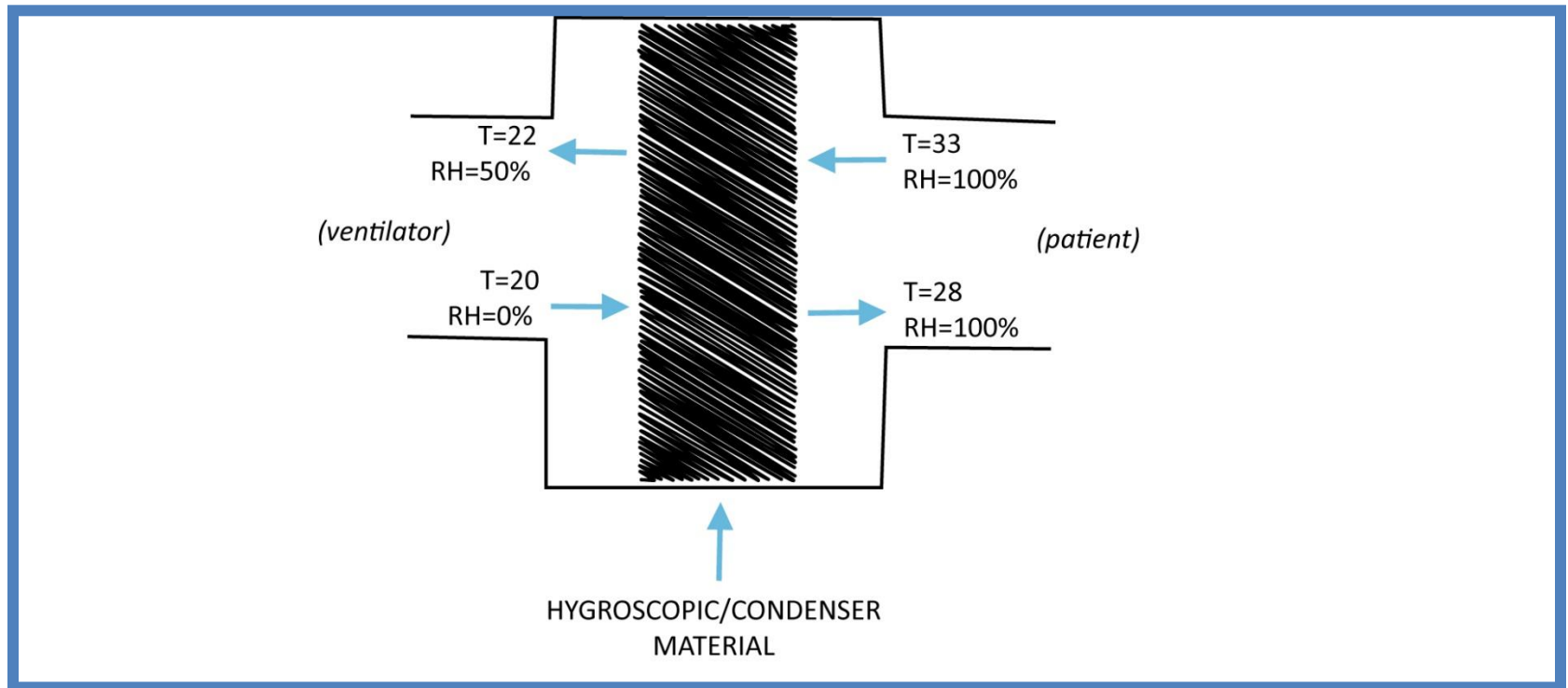
# Circuit: humidification





# Circuit: humidification

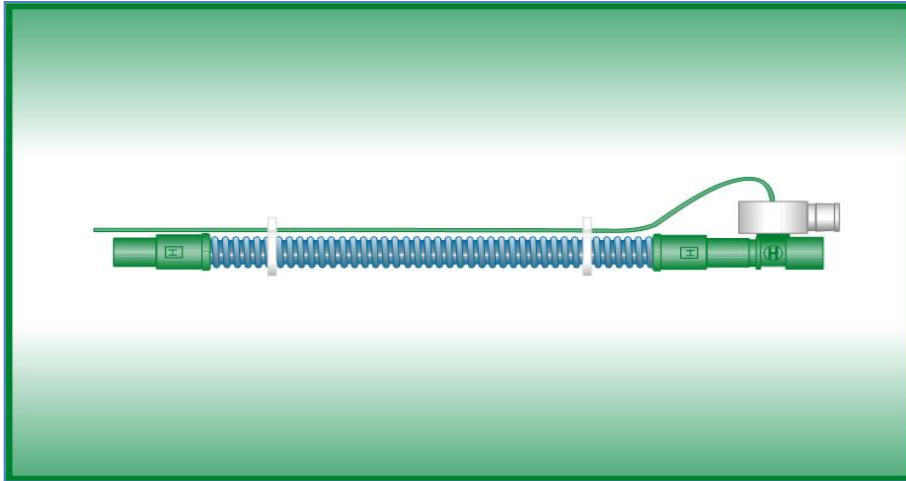
- Heated humidifier
- Heat and Moist Exchanger (HME)



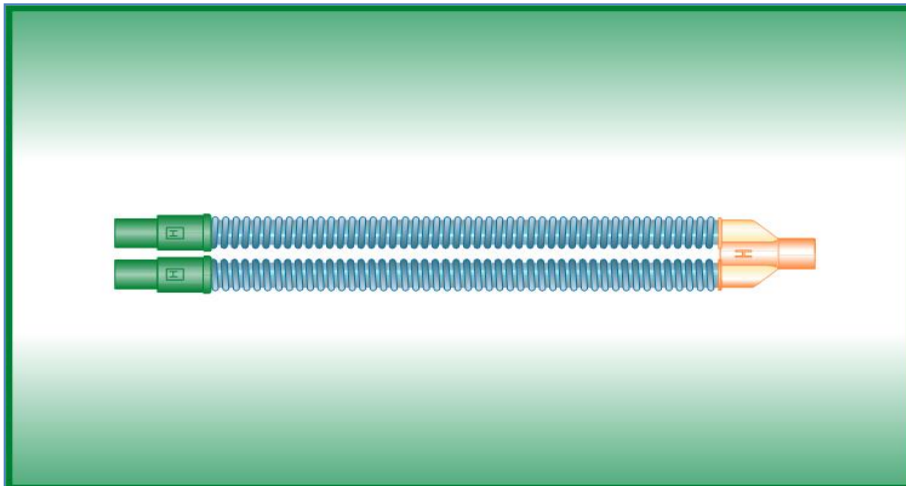
- Increased flow-resistances
- To be substituted every 24 h



# Circuit: single vs double

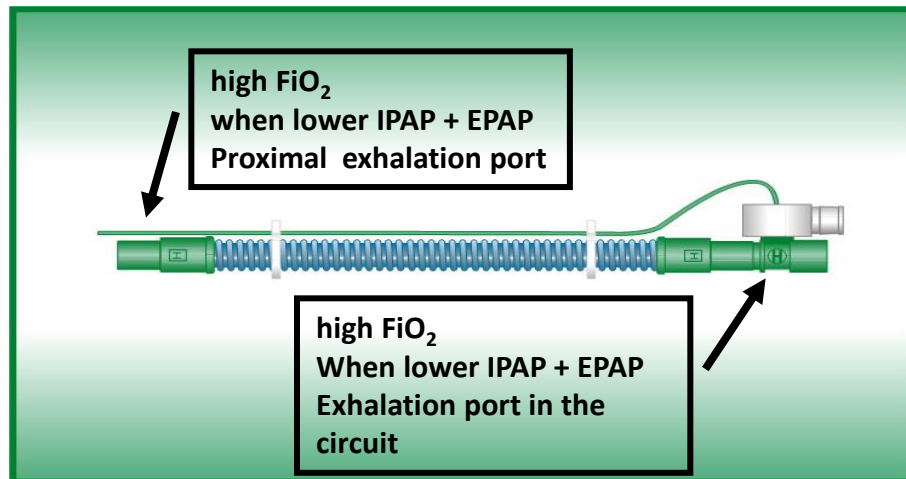


Rebreathing when PEEP < 4 Cm H<sub>2</sub>O

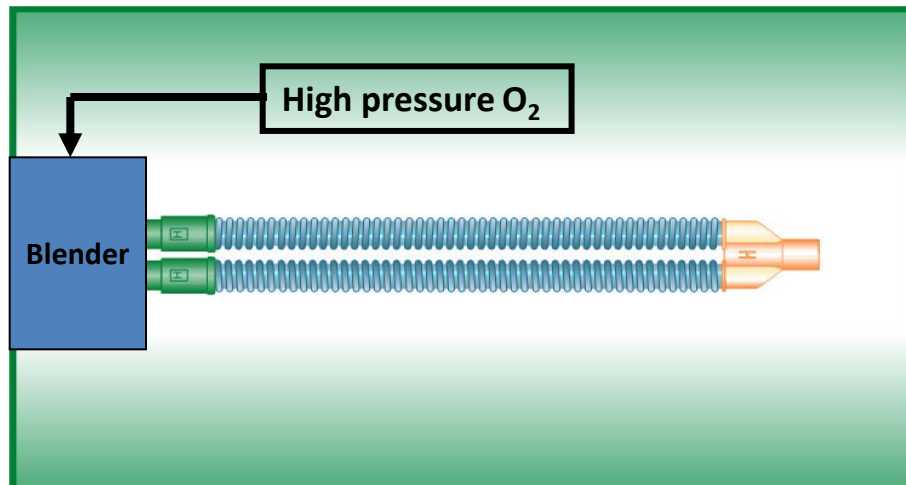


No Rebreathing

# Oxygen supply



The  $\text{FiO}_2$  depends on:  $\text{O}_2$  flow;  
Flow rates in the circuit; position of  
exhalation port.  
Rarely > 50%



Constant performance; possible  
Setting of a high  $\text{FiO}_2$

# Sistema di sincronizzazione

Promuove la **sincronizzazione**  
consentendo al **ventilatore** di  
adeguarsi alla meccanica respiratoria  
spontanea del **paziente**

# Sistema di sincronizzazione

**Trigger inspiratorio:** viene impostato per dare inizio al flusso inspiratorio(trigger a pressione o flusso)

**Trigger espiratorio:** viene impostato per garantire il ciclaggio da inspirazione ad espirazione (trigger a flusso)

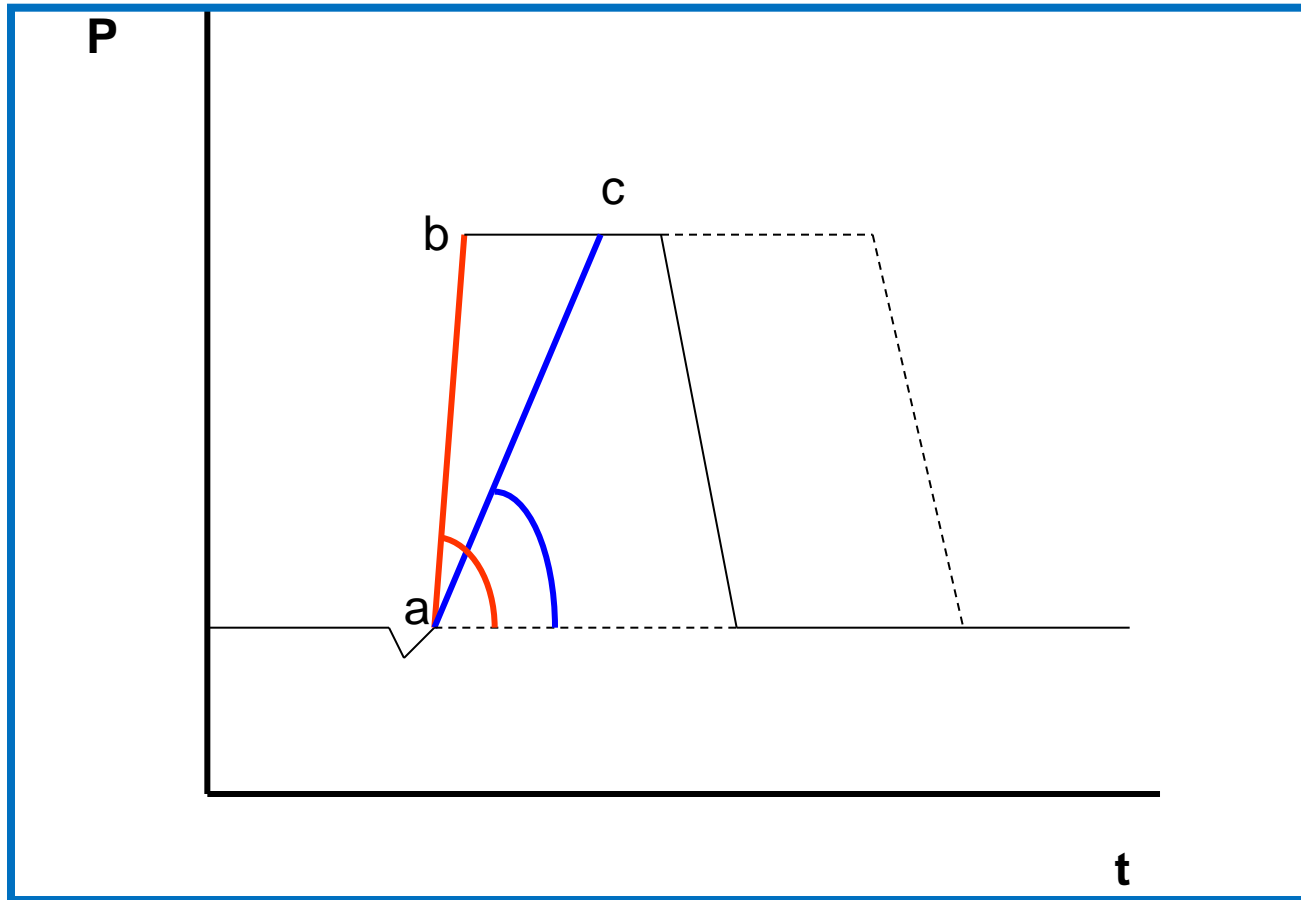
# Limiti del trigger a pressione

- C'è un **tempo**, per quanto breve, in cui il Pz respira in un **circuito chiuso senza** generare **flusso**
- In questo tempo il Pz compie un **lavoro respiratorio** isometrico.
- Esiste quindi un **ritardo** nell'erogazione del flusso inspiratorio (peggiorato anche dalla fisiologica latenza tra stimolo neurale e contrazione muscolare TRIGGER NEURALE, e dalla latenza intrinseca della macchina <100ms) percepito dal paziente come **dispnea**
- Se presente una **PEEPi** questa richiede **ulteriore lavoro respiratorio** a carico del Pz per controbilanciarla e raggiungere la soglia del trigger

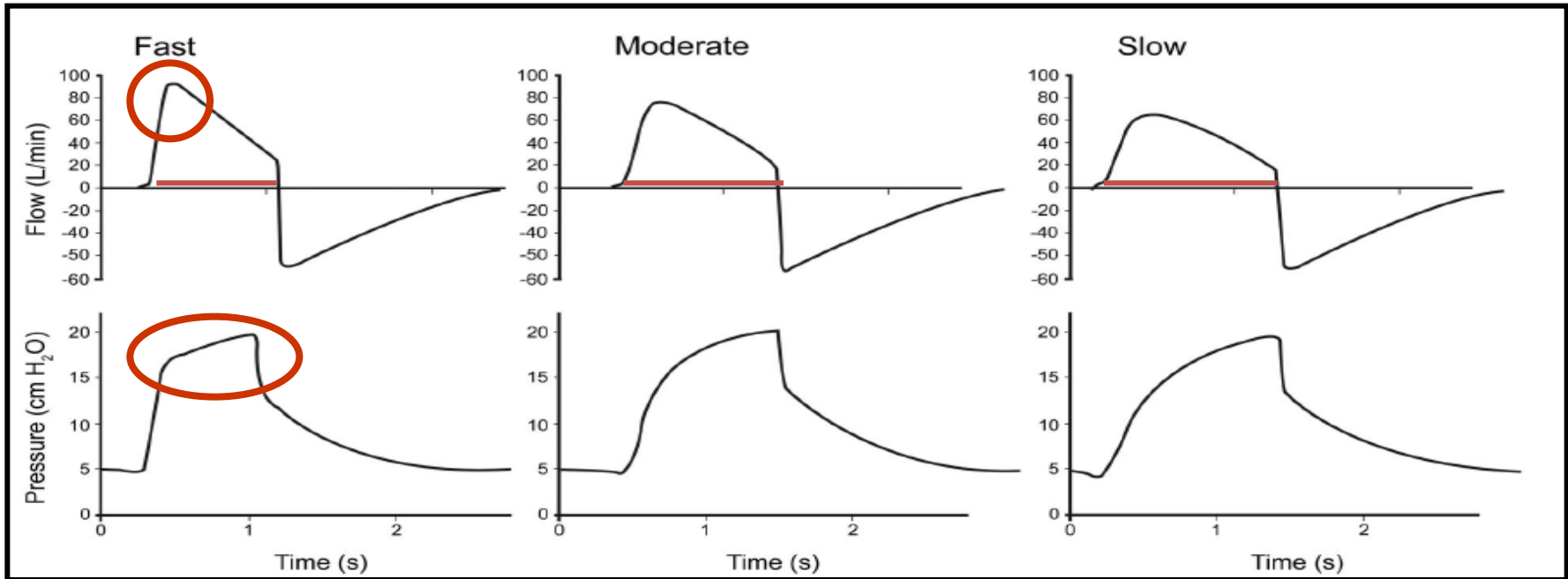
# Vantaggi del trigger a flusso

- Quando il Pz inizia l'inspirazione e non vi è ancora l'erogazione del flusso inspiratorio da parte della macchina, egli **trova comunque nel circuito una quota di flusso (flow by)** che in qualche modo colma questa latenza, eliminando parte del lavoro isometrico necessario all'attivazione del trigger

# “Rampa” o Rise-time



# Rise-time



Better muscular unloading in COPD, **but**  
Flow-related inspiratory terminating reflex

Early cycling

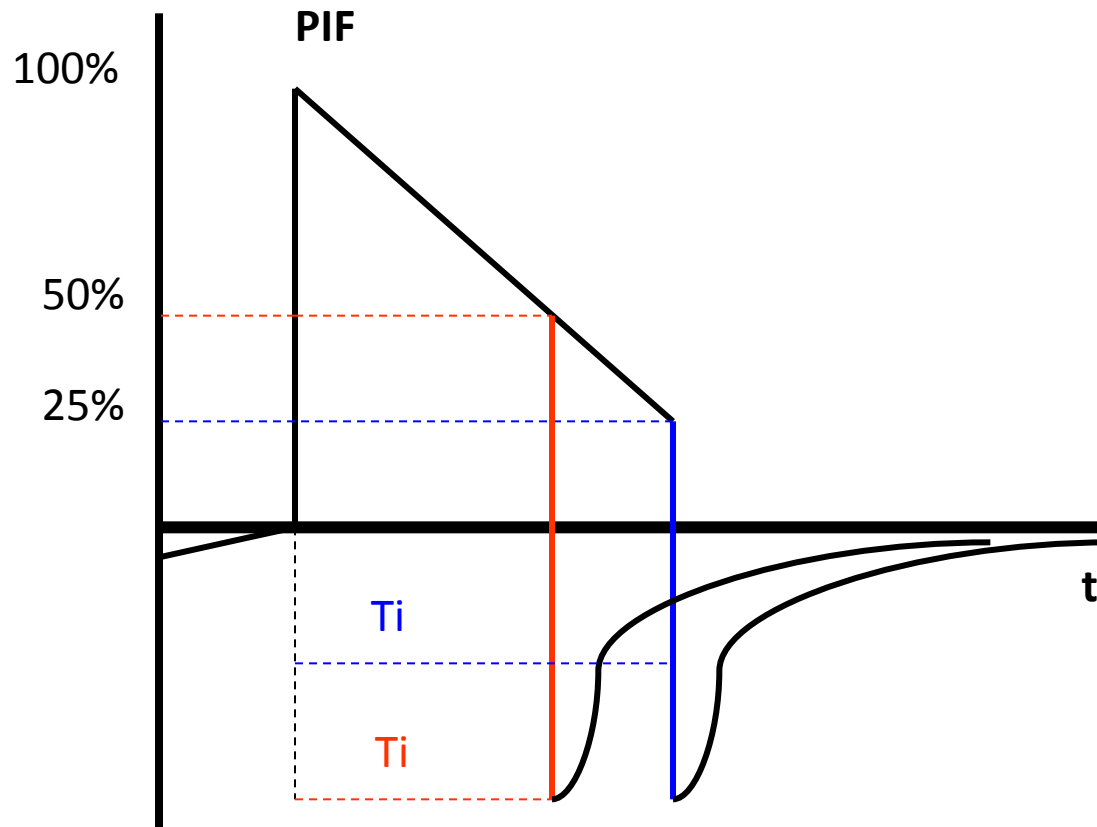
Possible increase in airleaks

Comfort?

Individual titration should aim for tolerance and minimal airleaks with a relatively high pressurization rate



# Trigger espiratorio a flusso



# Expiratory trigger

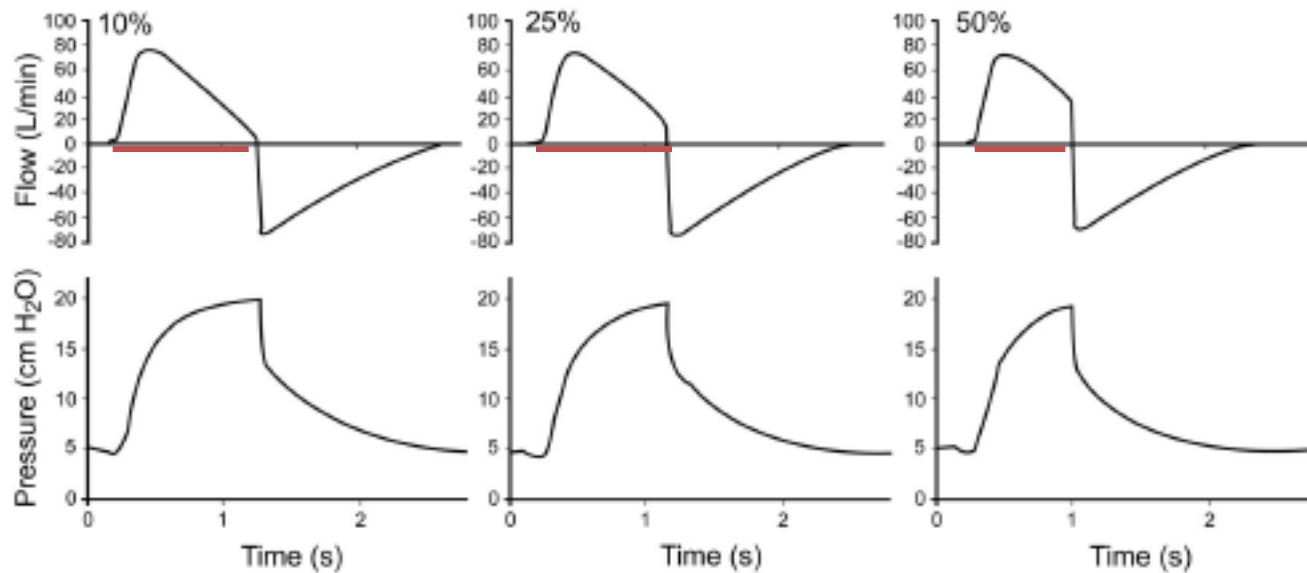


Fig. 4. Examples of flow-termination criteria of 10%, 25%, and 50%, with pressure support of 15 cm H<sub>2</sub>O and PEEP of 5 cm H<sub>2</sub>O. Note the effect of flow-termination criteria on inspiratory time. (Adapted from Reference 44.)

# BPCO, Ti eTrigger Espiratorio

- Nel BPCO **l'inspirazione deve essere breve**, con flussi elevati, per consentire un adeguato tempo espiratorio
- Lo stimolo neurogeno e la contrazione diaframmatica **cessano precocemente** in questi Pz durante l'inspirazione
- Un trigger settato al 25% del picco di flusso può ingenerare un ciclaggio all'espirazione tardivo, percepito come non confortevole da parte del paziente che si sente sovrassistito dal ventilatore
- **Aumentare questa percentuale** significa anticipare il ciclaggio migliorando la sincronizzazione e quindi l'adattamento del Pz (comfort)

# Perdite!

- La differenza fondamentale tra la ventilazione convenzionale e la NIV è il fatto che questa tipicamente comporta delle perdite all'interfaccia
- Le perdite nel sistema di distribuzione possono causare problemi nel passaggio da espirazione ad inspirazione (delayed trigger; sforzi inspiratori inefficaci; autotriggering); durante l'ispirazione (ridotta velocità di pressurizzazione); durante il ciclaggio (hanging on the ventilator); e durante l'espirazione (perdita della PEEP)

# Leak compensation

Table 5. Algorithm of the Auto-Track System in the BiPAP Vision Ventilator

“Enhanced leak estimation” identifies the leak by comparing the original baseline flow to the new baseline flow, and uses complex digital signal processing to recognize the differences as leaks and to quickly adjust.

“Volume trigger” feature triggers IPAP during spontaneous breathing in the spontaneous/timed mode. When patient effort generates inspiratory flow and causes 6 mL of volume to accumulate above the baseline leak, IPAP is triggered.

“Flow reversal”, “shape trigger”, and “spontaneous expiratory threshold” recognize an abnormal increase in flow due to a leak during the latter part of inspiration with an immediate return to EPAP, keeping a good synchronization with the patient’s breathing effort.

IPAP = inspiratory positive airway pressure

EPAP = expiratory positive airway pressure



# L'atto respiratorio meccanico

The diagram illustrates the mechanical components of breathing. At the top, **Pt** (total pressure) is shown. Two arrows point down from **Pt** to **Pel** (elastic pressure) and **Pres** (resistive pressure), with a plus sign between them. Below **Pel**, an arrow points down to the fraction  $\frac{V}{C}$ , where **V** is volume and **C** is compliance. Below **Pres**, an arrow points down to **FI X R**, where **FI** is flow and **R** is resistance. The full equation is presented below the diagram:

$$P_t = \frac{V}{C} + F_I \times R$$

# Variabili di Controllo

Sono le variabili su cui i ventilatori intervengono per **promuovere l'inspirazione**. Una variabile di controllo **rimane costante**, cioè non modifica il suo profilo d'onda, mentre le condizioni meccaniche del sistema che dipendono da **Compliance** e **Resistenze** si modificano



# Variabili di fase

Condizionano **determinate fasi** dell'inspirazione

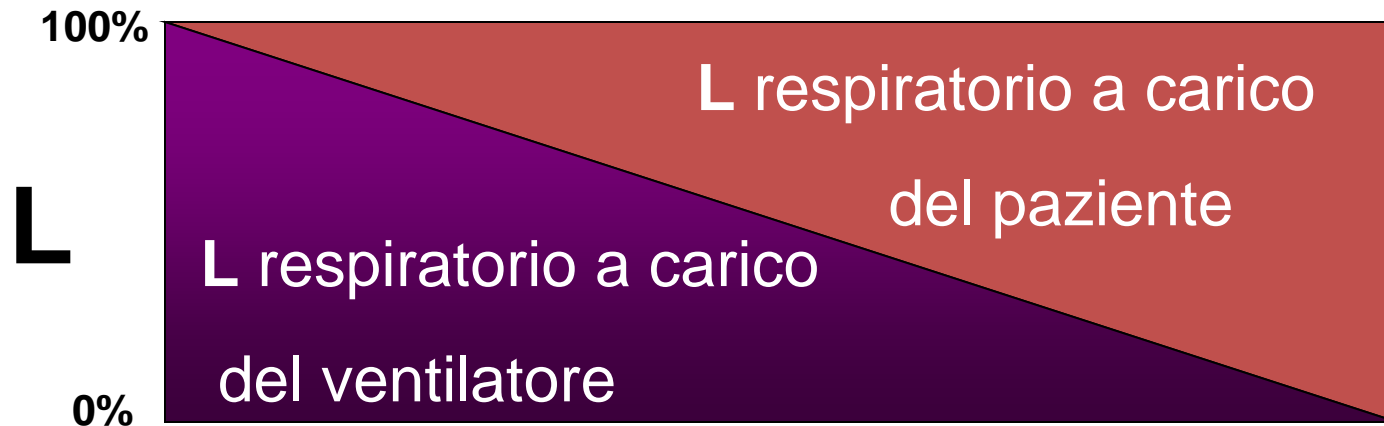
**Trigger:** è la variabile che determina l'inizio dell'inspirazione

**Limite:** è la variabile che esprime il "target" di pressione, volume o flusso durante l'inspirazione

**Ciclaggio:** è il valore di tempo, pressione, volume o flusso che determinano la fine dell'inspirazione

# Interazione paziente-ventilatore

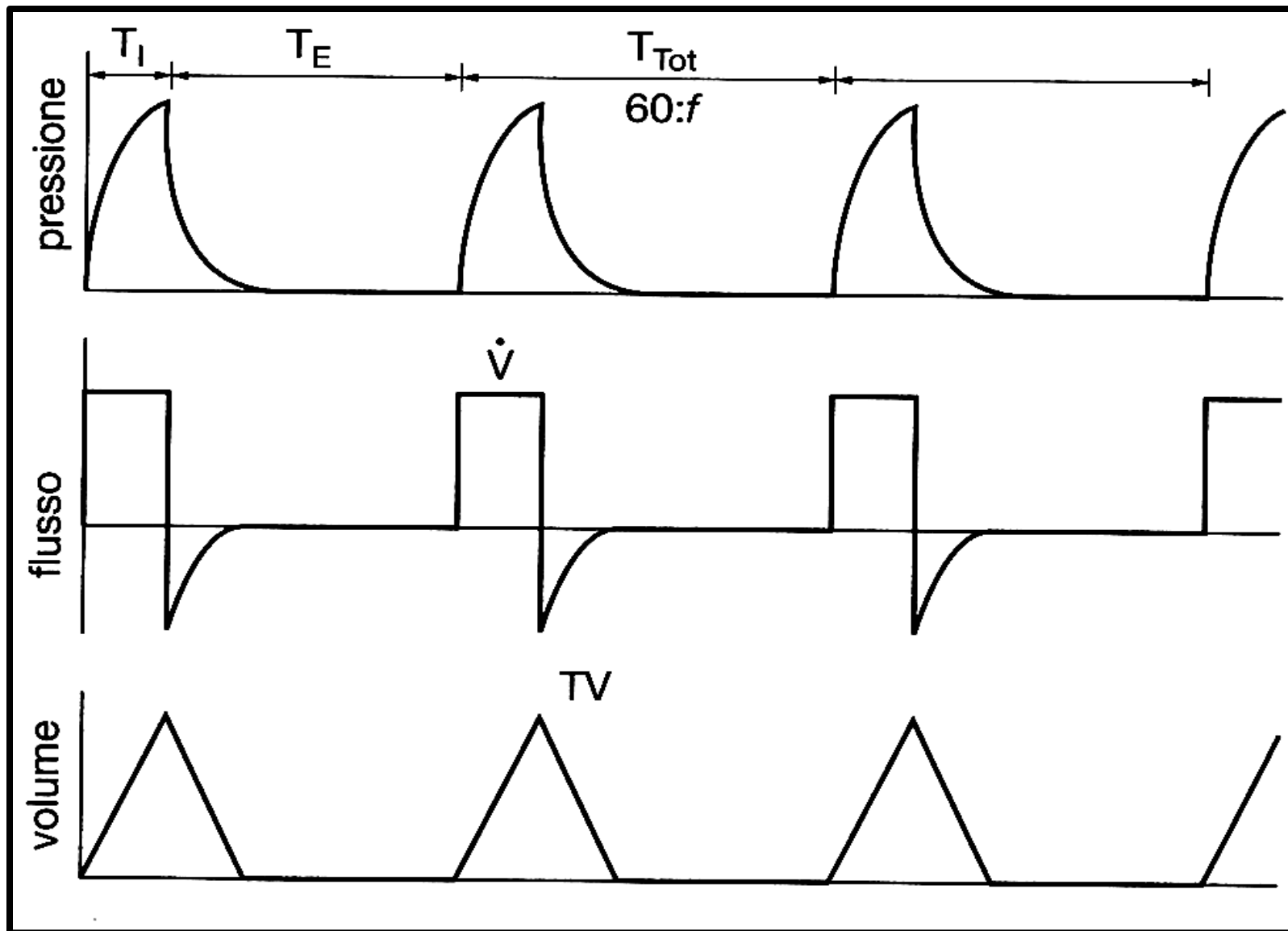
|                    | trigger    | limit      | cycle      |
|--------------------|------------|------------|------------|
| <b>spontaneous</b> | patient    | patient    | patient    |
| <b>supported</b>   | patient    | ventilator | patient    |
| <b>assisted</b>    | patient    | ventilator | ventilator |
| <b>controlled</b>  | ventilator | ventilator | ventilator |

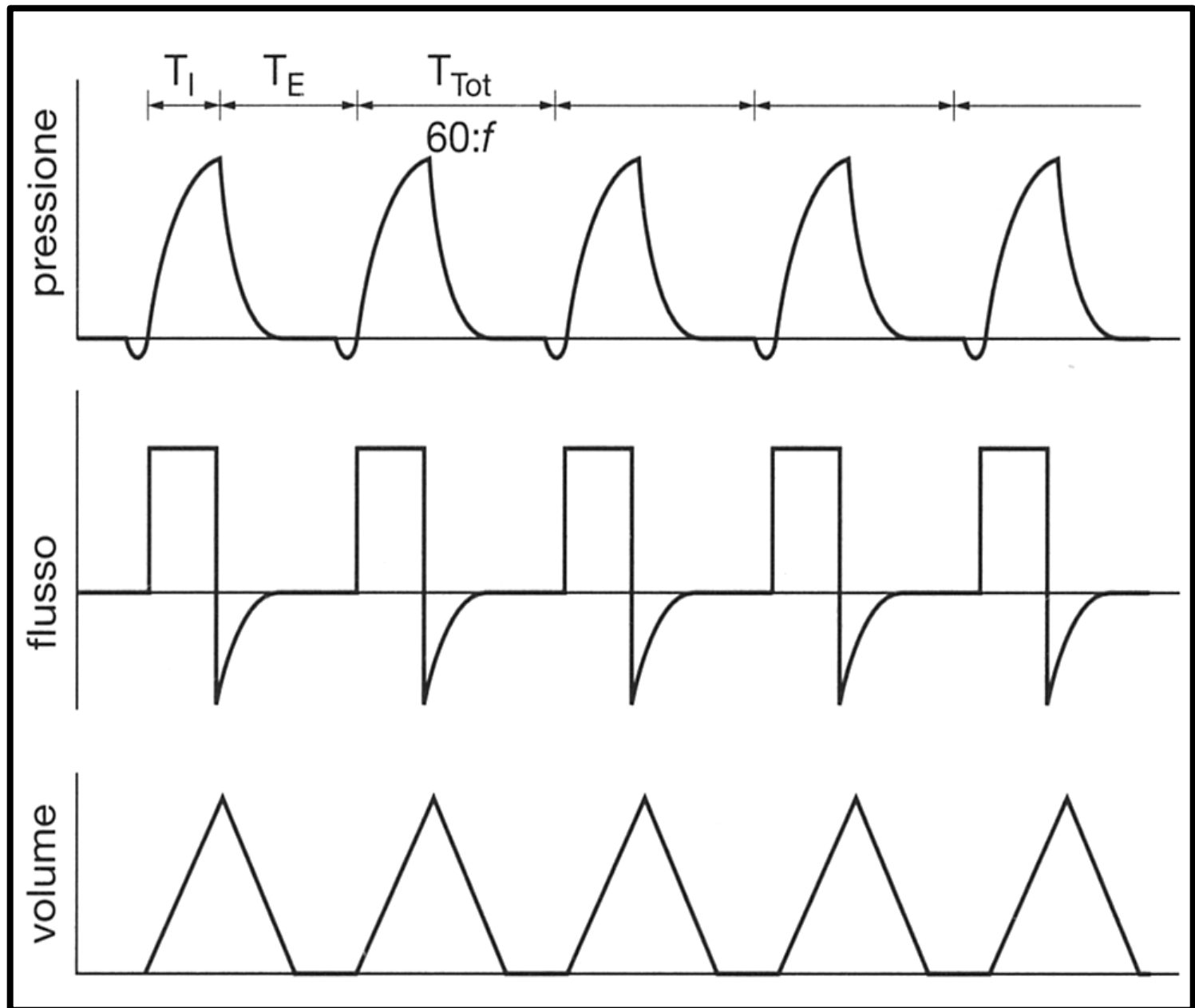


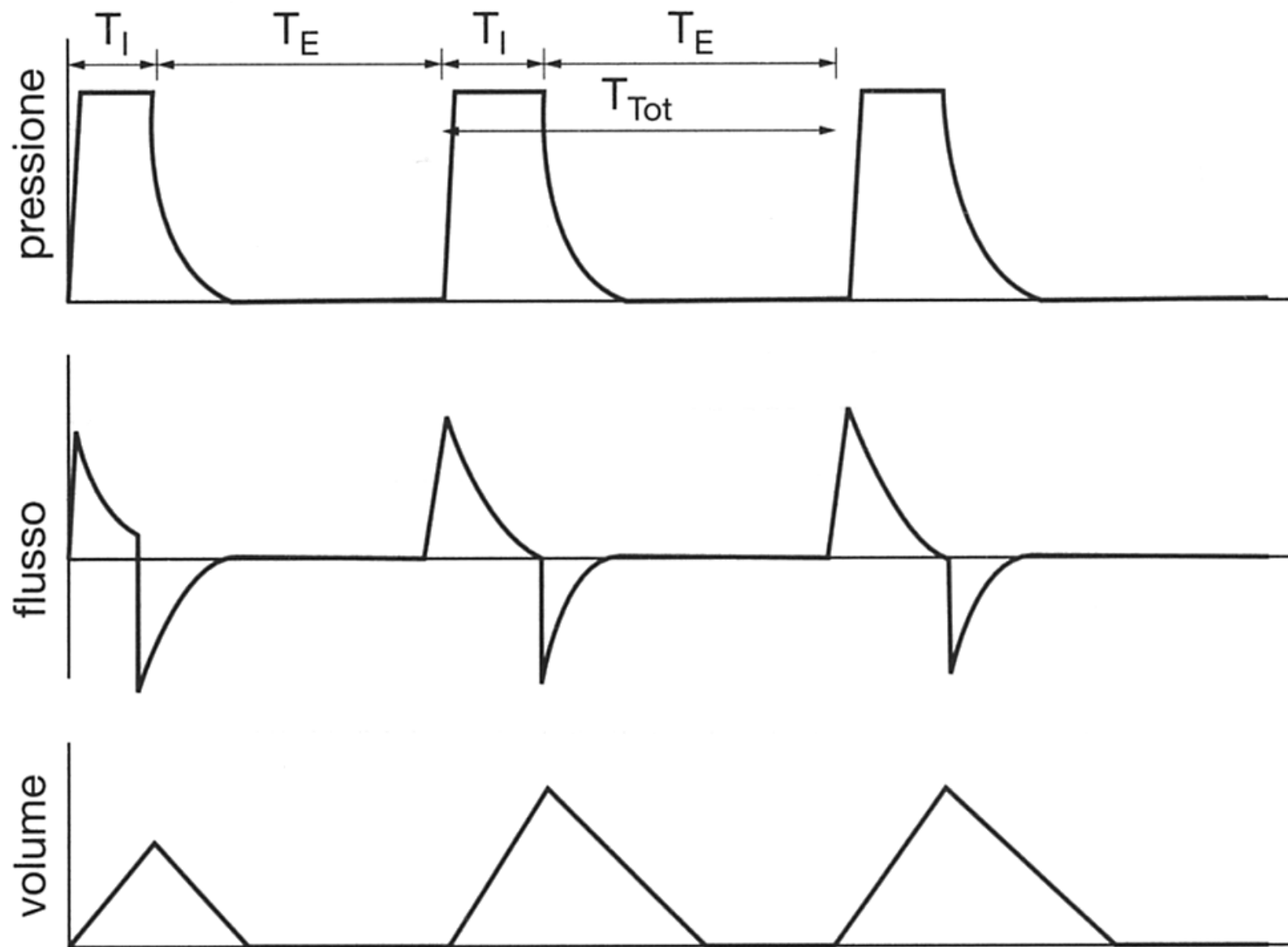
**CMV A/C A**

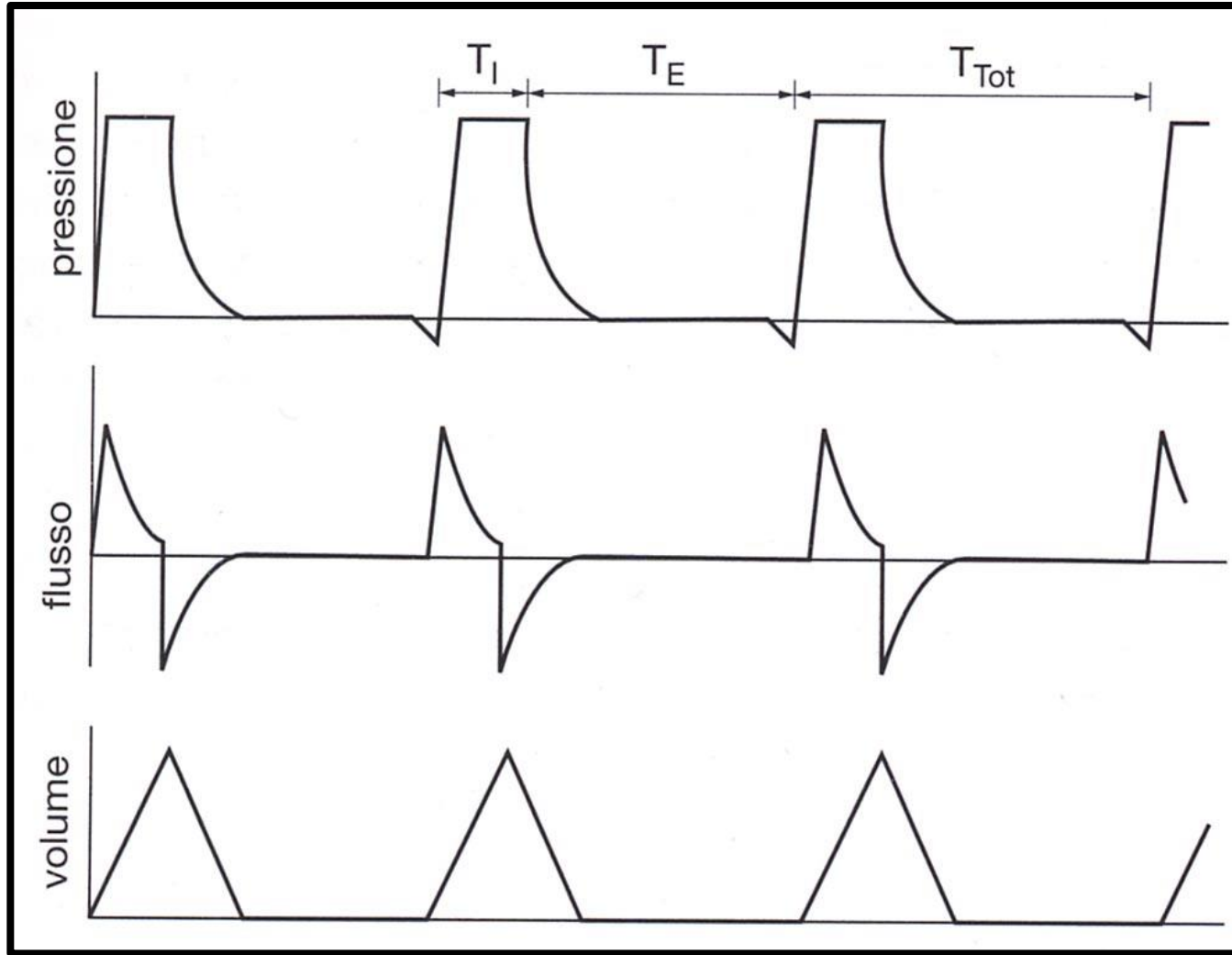
**PSV Bilevel**

**Tutto il** **Garan** **Tutti gli atti sono attivati dal**  
**sostentare** **Il paziente inizia e termina**  
 Il ventilatore preimposto possono pz, egli non respiratori spontanei  
 Respirazione spontanea a pressione positiva continua delle vie aeree  
 preimpostato







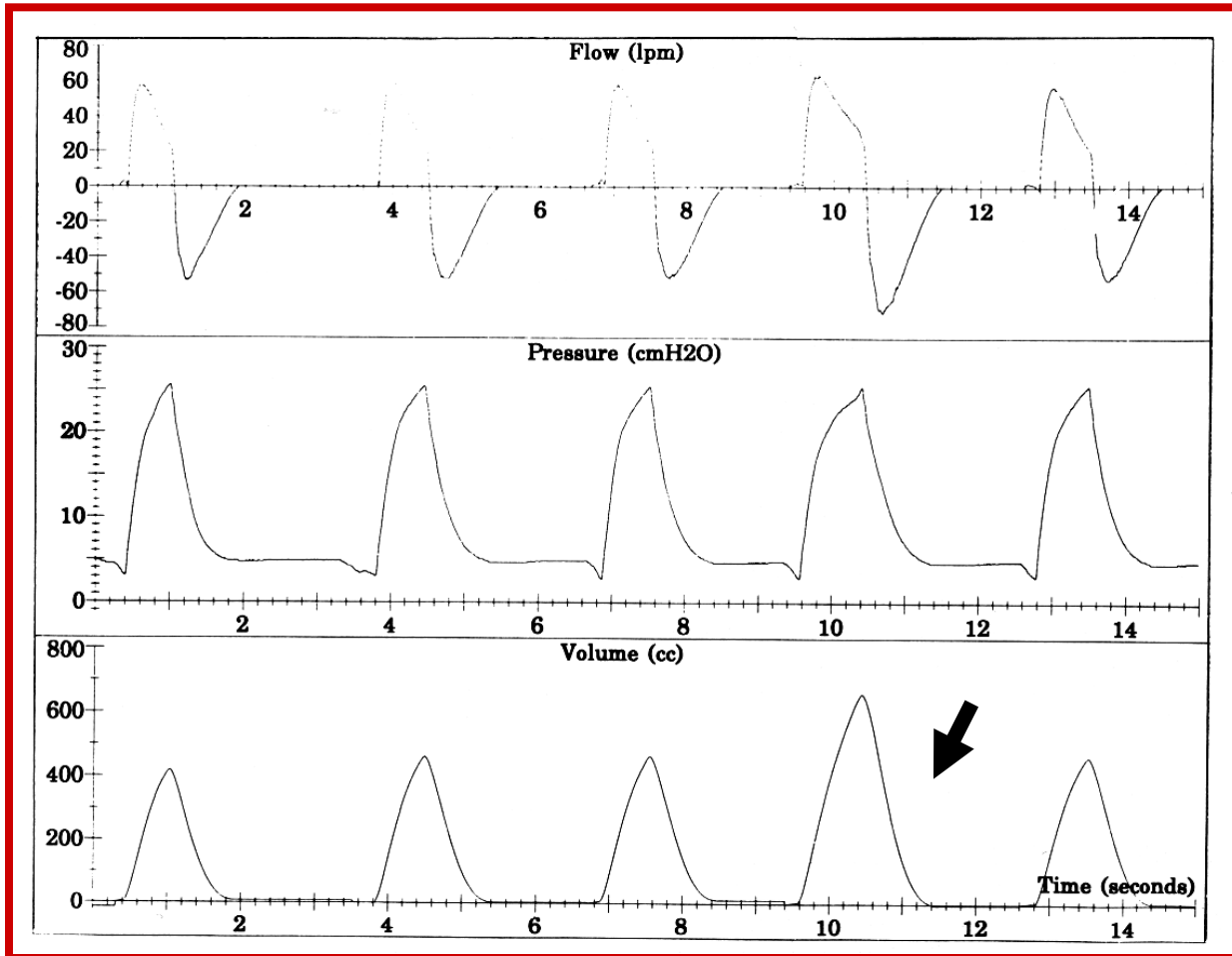


# Pressure Support Ventilation

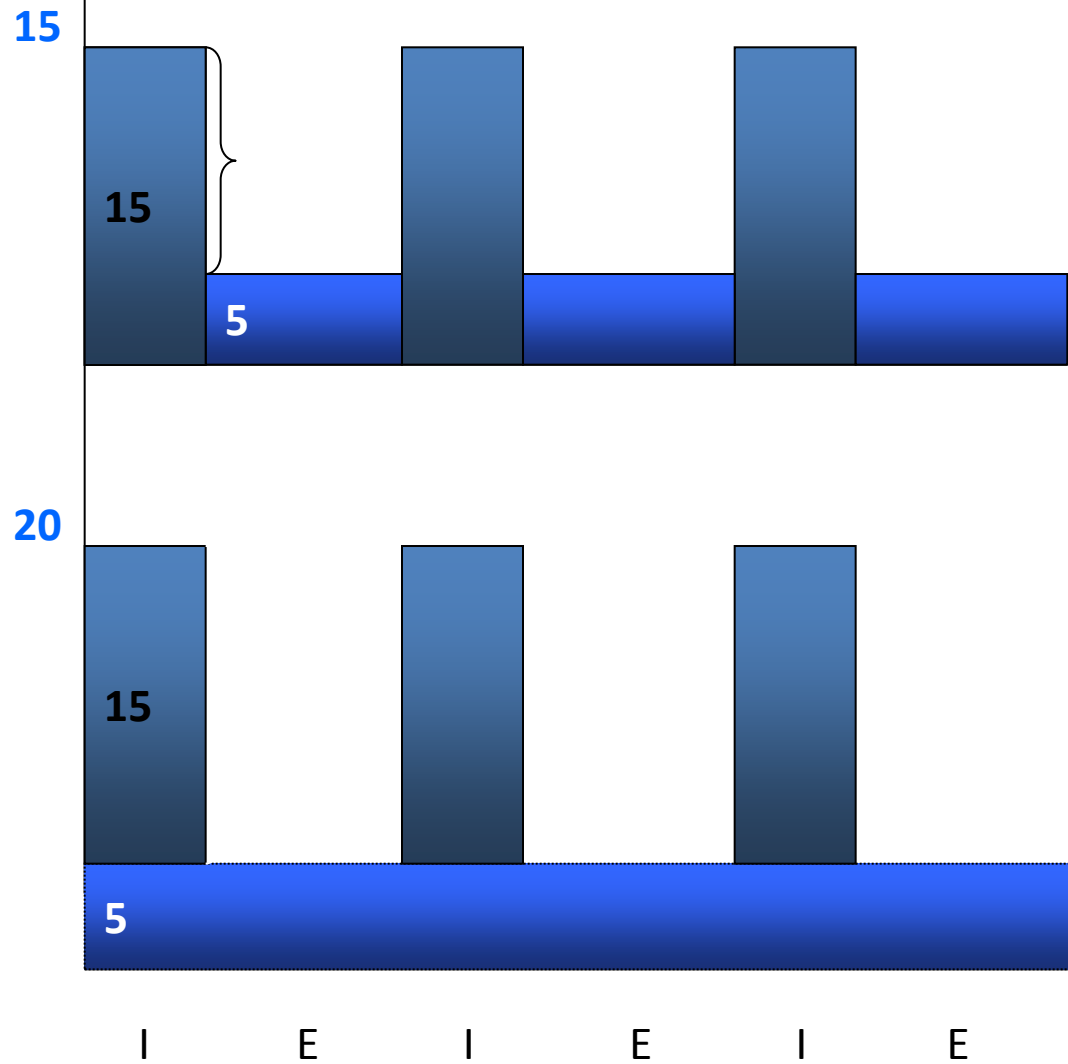
- Fornisce un supporto variabile
- Il paziente controlla tutte le fasi dell'atto respiratorio ad eccezione del limite di pressione
- Il pz. attiva il trigger; il ventilatore fornisce un flusso per raggiungere un determinato livello di pressione, in finalizzato al  $V_{texp}$  desiderato; il pz. mantiene l'atto inspiratorio per quanto tempo desidera, il flusso si interrompe quando scende al di sotto di una determinata percentuale del PIF
- I volumi correnti hanno un'ampiezza variabile, esattamente come nel respiro spontaneo



# Pressure Support Ventilation



## Above PEEP and under PEEP algorithms



## Above PEEP and under PEEP algorithms

