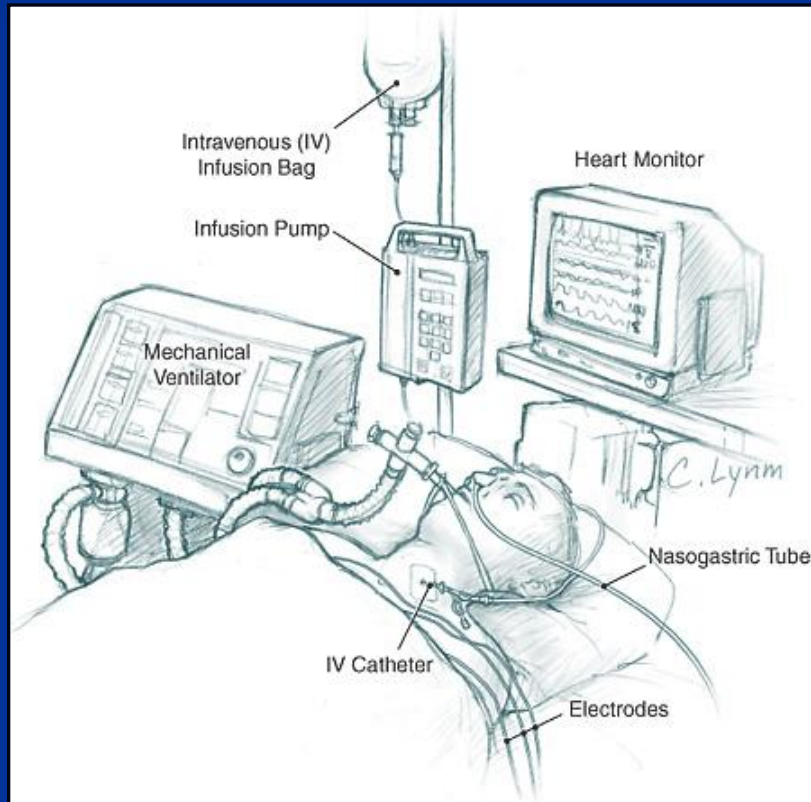


Princi di ventilazione meccanica



Origini della ventilazione meccanica

L'era della terapia intensiva è cominciata con la ventilazione a pressione positiva

- **Negative-pressure ventilators ("iron lungs")**

- Boston Children's Hospital nel 1928
- Uso massivo per epidemia di polio nel 1940 – 1950

- **Positive-pressure ventilators**

- Massachusetts General Hospital nel 1955
- Ora è il moderno standard di ventilazione



The iron lung created negative pressure in abdomen as well as the chest, decreasing cardiac output.



Iron lung polio ward at Rancho Los Amigos Hospital in 1953.

Rappresentazione schematica delle proprietà fisiche di un respiratore automatico.

P_g = pressione motrice

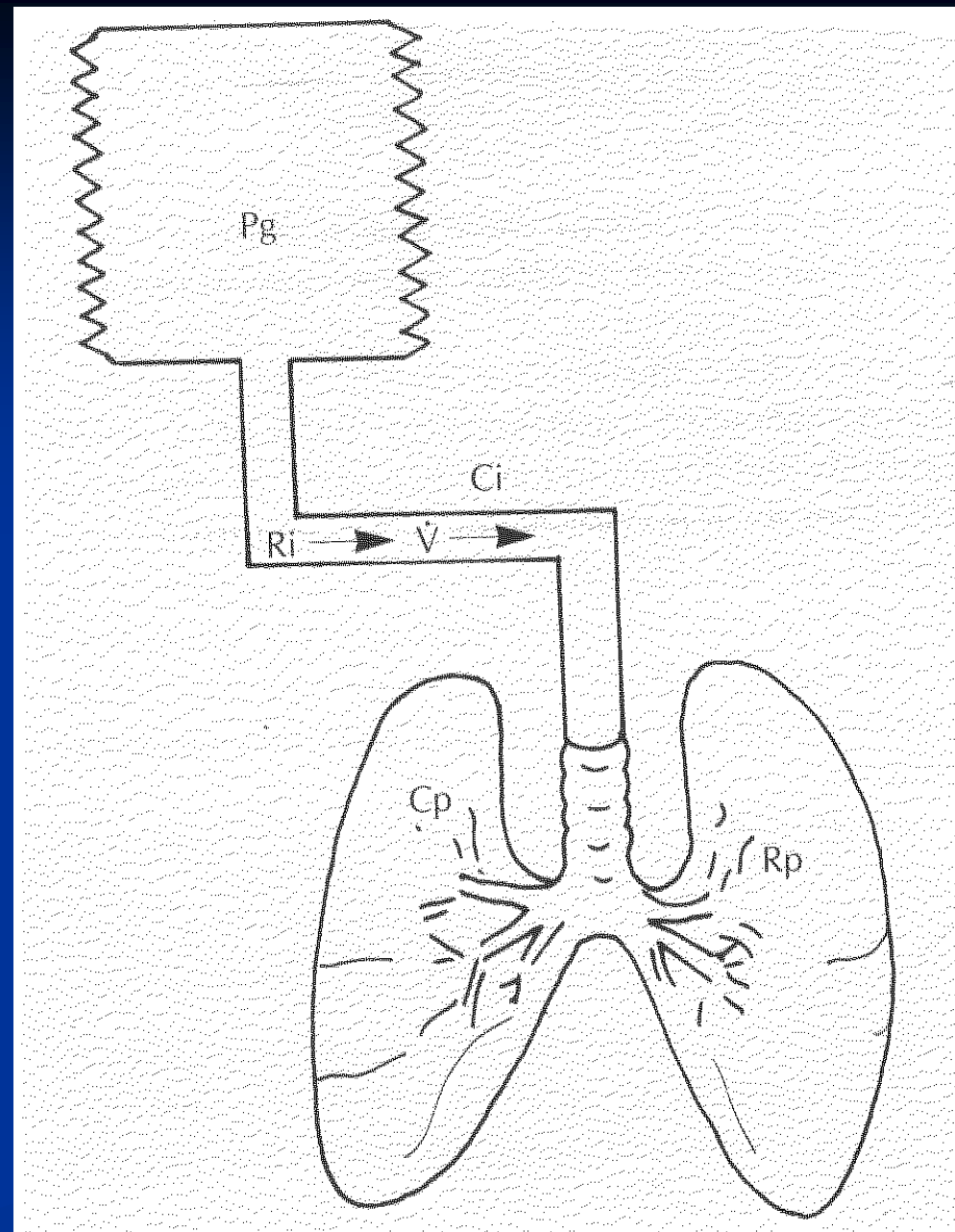
R_i = resistenze dell'apparecchio

C_i = compliance dell'apparecchio

R_p = resistenze polmonari

C_p = compliance polmonare

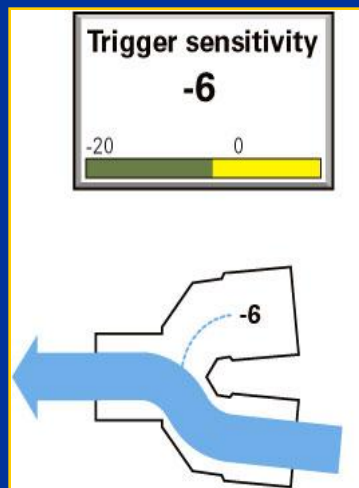
V = flusso di gas



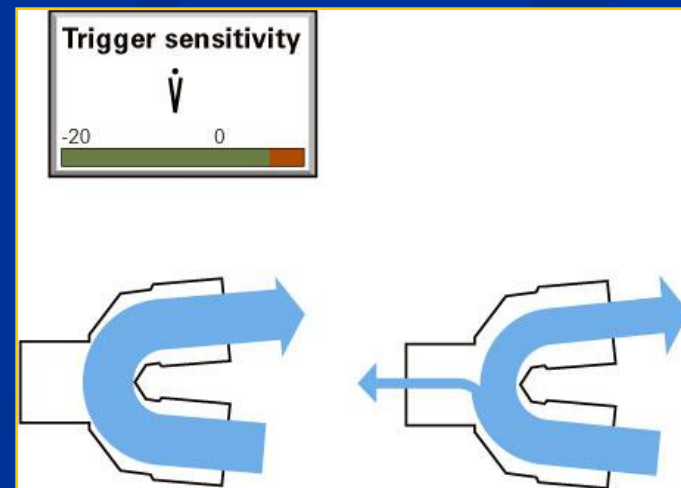
Trigger inspiratorio

- Sensibilità
 - Talora impostata automaticamente
- Tempo di risposta
 - 2 modalità:

–Trigger a pressione
(sotto PEEP)



–Trigger a flusso



Pressure ventilation vs. volume ventilation

Ciclo a pressione eroga una pressione prestabilita a volume variabile (neonati)

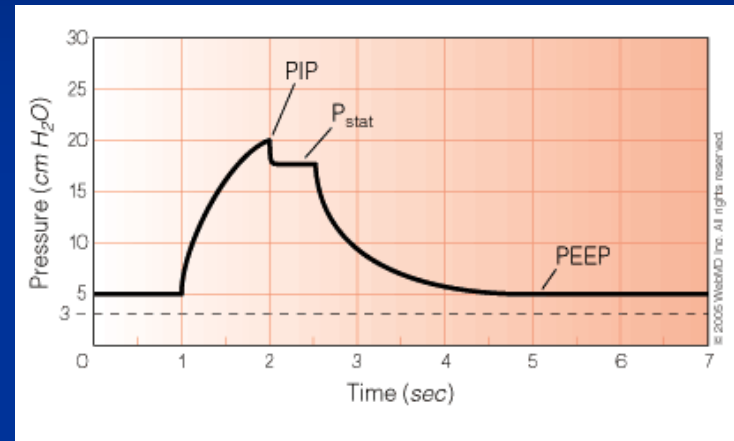
Ciclo a volume eroga un volume prestabilito a pressione variabile (adulti)

• Pressure-cycled modes

- Pressure Support Ventilation (PSV)
- Pressure Control Ventilation (PCV)
- CPAP
- BiPAP

• Volume-cycled modes

- Control
- Assist
- Assist/Control
- Intermittent Mandatory Ventilation (IMV)
- Synchronous Intermittent Mandatory Ventilation (SIMV)



Il ciclo a volume presenta il rischio del volotrauma

Pressure Support Ventilation (PSV)

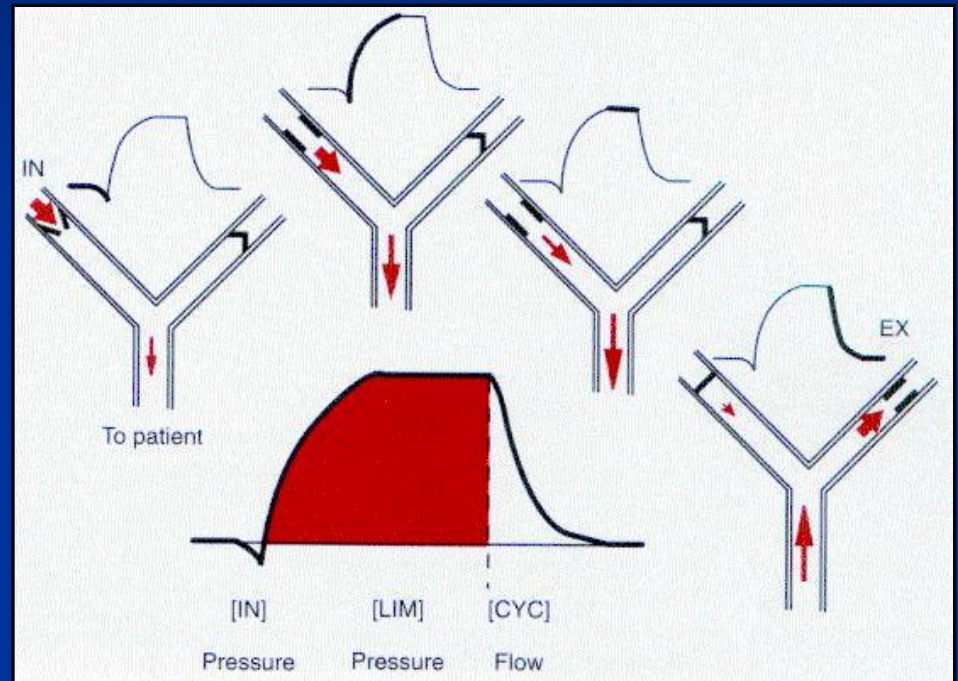
Il Paziente decide RR, V_E

• Parametri

- Trigger
- Limite di pressione

• Usi

- PSV da sola
 - Per pazienti in respiro spontaneo non estubabili
 - Augmenta I volumi durante il respiro spontaneo
- BiPAP (CPAP plus PS)



PSV is most often used together with other volume-cycled modes. PSV provides sufficient pressure to overcome the resistance of the ventilator tubing, and acts during inspiration only.

Pressure Control Ventilation (PCV)

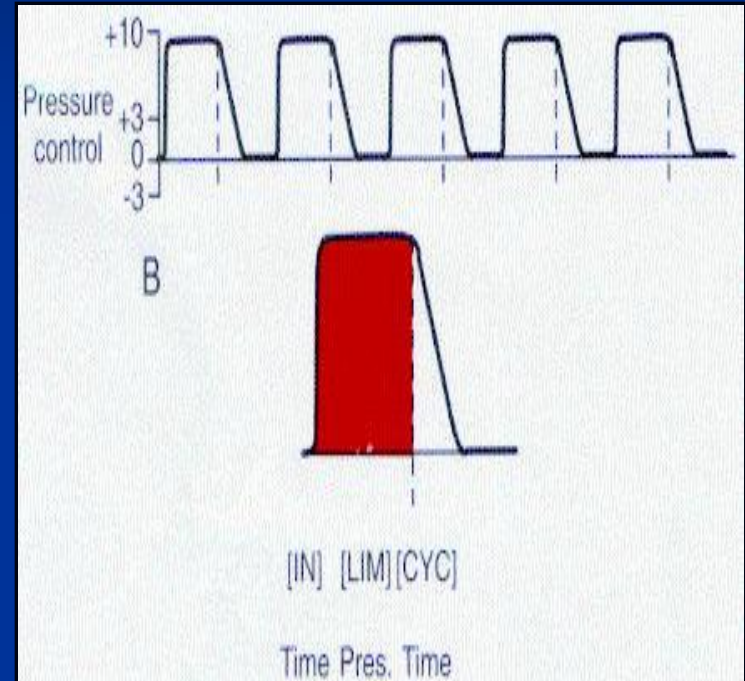
Ventilator determines inspiratory time – no patient participation

• Parametri

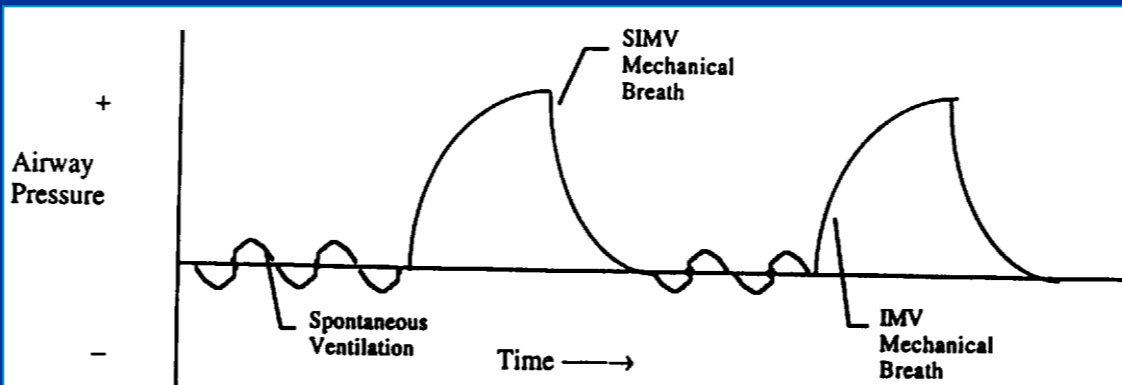
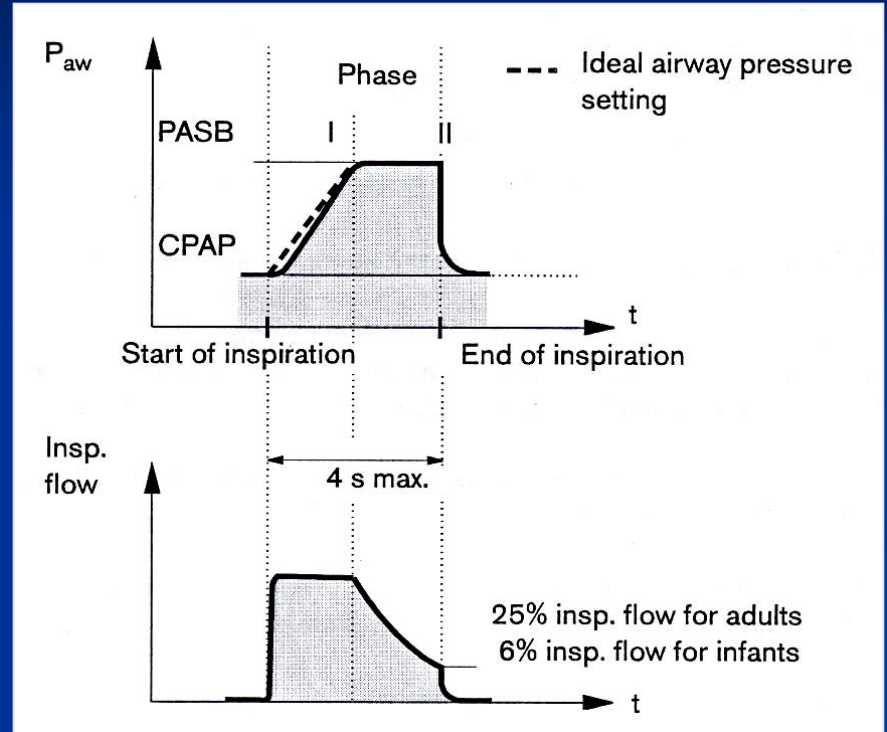
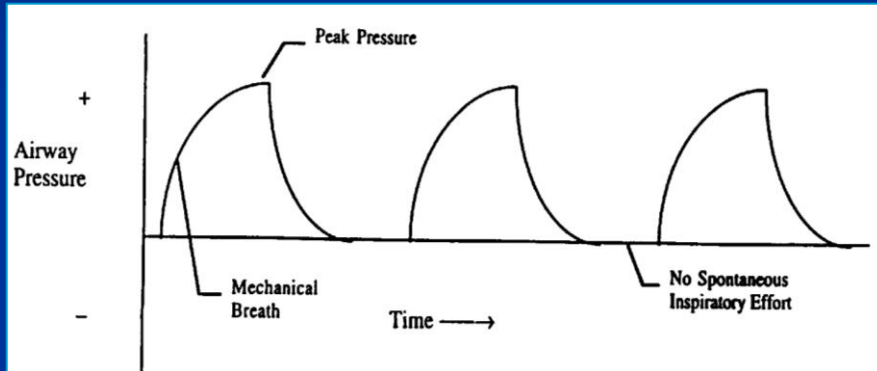
- Trigger a tempo
- Limitato dalla pressione
- Rapporto I/E

• Svantaggi

- Richiede frequenti aggiustamenti per mantenere il V_E



PEEP



CPAP and BiPAP

CPAP è una PEEP costante; BiPAP è CPAP plus PS

• Parametri

- CPAP = PEEP set a 5-10 cm H₂O
- BiPAP = CPAP con Pressure Support (5-20 cm H₂O)

• Indicazioni

- Quando fallisce la terapia medica (tachypnea, hypoxemia, respiratory acidosis)
- Usata con broncodilatatori, steroidi, antibiotici per prevenire ritardare l'intubazione nel BPCO soprattutto
- Weaning protocols
- Obstructive Sleep Apnea

Assistista/Controllata

Il Ventilatore eroga un volume

- **Modo controllato**

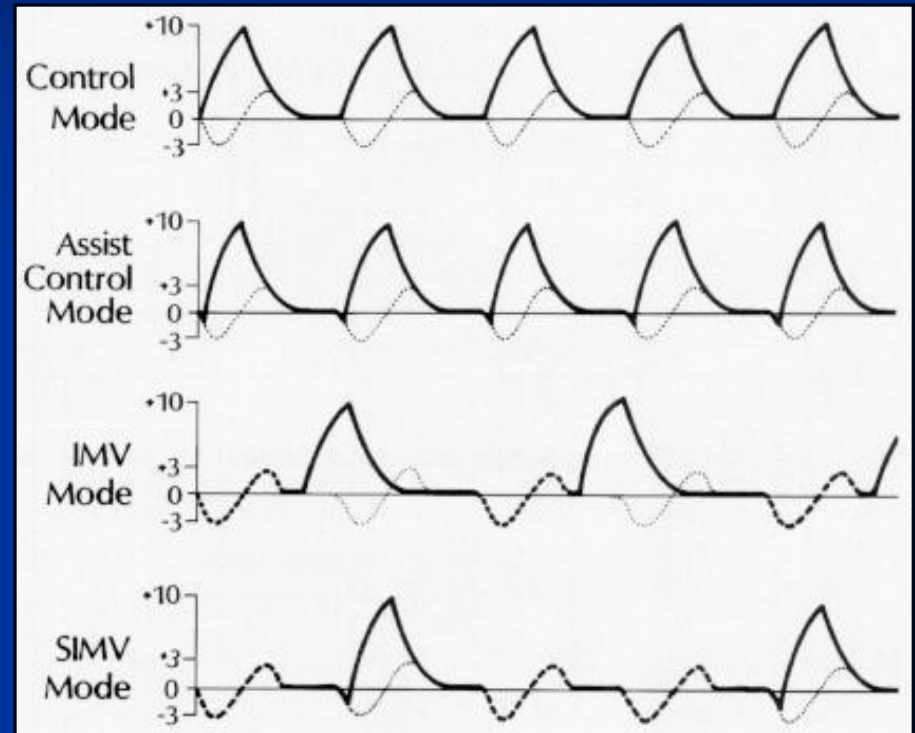
- Pt riceve un numero prefissato di atti e non può respirare
- Simile alla Pressione controllata

- **Modo Assisto**

- Pt inizia tutti gli atti e il respiratore eroga un volume prefissato
- Pt controlla la frequenza, ma non respira

- **Assistita/Controllata**

- Se il paziente non respira il respiratore eroga ad una determinata frequenza



- **Rischio nel paziente tachipnoico di superinflazione (auto-PEEP)**

Come regolare l'ossigenazione

PEEP and FiO_2 vanno regolati in tandem

- **FIO_2**

- Manovra semplice per aumentare P_aO_2
- Tossicità a lungo termine $>60\%$
 - Danno da radicali liberi

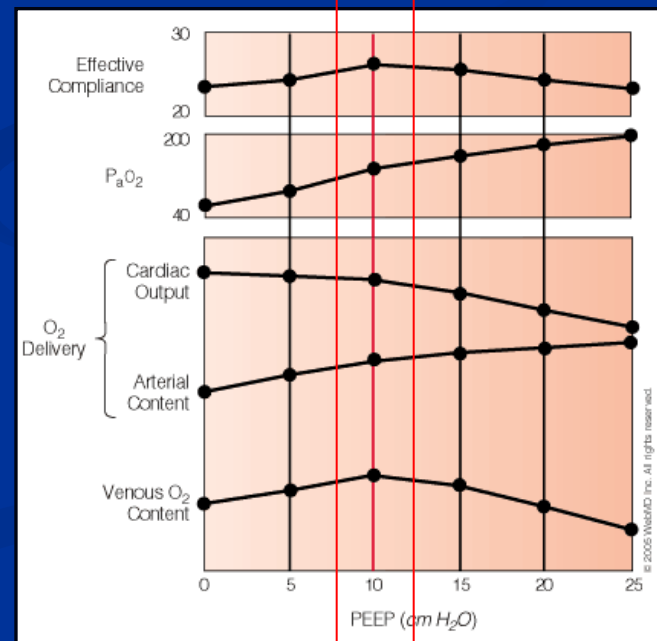
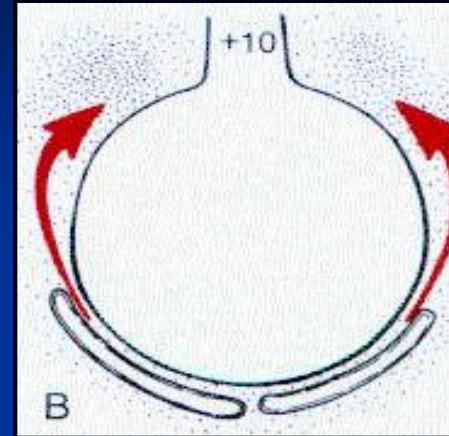
- **Inadeguata ossigenazione con $100\% \text{FiO}_2$ abitualmente dovuta a shunt**

- Collasso – Atelectasie
- Pus negli alveoli – Polmonite
- Acqua/proteine – ARDS
- Acqua – edema polmonare
- Sangue in emorragia

Come agisce la PEEP

• PEEP

- **Aumenta FRC**
 - Previene e tratta atelectasie e lo shunt
 - Previene repetitive aperture-chiusure (danno)
- **Recluta alveoli collassati and migliora V/Q**
 - Resolve shunt
 - Migliora compliance
- **Enables maintenance of adequate P_aO_2 at a safe FiO_2 level**
- **Svantaggi**
 - Aumenta la pressione intratoracica (catetere arterioso)
 - Rottura: Pneumotorace



Oxygen delivery (DO_2), not P_aO_2 , should be used to assess optimal PEEP.

Nurse protocol

RR and T_V are adjusted to maintain V_E and P_aCO_2

- **Respiratory rate**

- Max RR at 35 breaths/min
- Efficiency of ventilation decreases with increasing RR
 - Decreased time for alveolar emptying

- **T_V**

- Goal of 10 ml/kg
- Risk of volutrauma

- **Other means to decrease P_aCO_2**

- Reduce muscular activity/seizures
- Minimizing exogenous carb load
- Controlling hypermetabolic states

- **Permissive hypercapnea**

- Preferable to dangerously high RR and T_V , as long as pH > 7.15

- **I:E ratio (IRV)**

- Increasing inspiration time will increase T_V , but may lead to auto-PEEP

- **PIP**

- Elevated PIP suggests need for switch from volume-cycled to pressure-cycled mode
- Maintained at <45cm H₂O to minimize barotrauma

- **Plateau pressures**

- Pressure measured at the end of inspiratory phase
- Maintained at <30-35cm H₂O to minimize barotrauma

Quando non basta più

- **I:E inverse ratio ventilation (IRV)**
 - Non vantaggi rispetto alla PEEP
- **Prone positioning**
 - Non vantaggi in termini di mortalità
- **ECHMO**
- **Airway Pressure Release (APR)**
- **High-Frequency Oscillatory Ventilation (HFOV)**

Indicazioni per l' intubazione

• Criteri

- Clinical deterioration
- Tachipnea: RR >35
- Ipossia: $pO_2 < 60$ mm Hg
- Ipercapnia: $pCO_2 > 55$ mm Hg
- Minute ventilation < 10 L/min
- Tidal volume < 5-10 ml/kg
- Segni di fatica respiratoria

• Setting iniziale del ventilatore

- $FiO_2 = 50\%$
- PEEP = 5cm H₂O
- RR = 12 – 15 atti/min
- $V_T = 10 – 12$ ml/kg
 - COPD = 10 ml/kg (prevenire supeinflazione)
 - ARDS = 8 ml/kg (prevenire volutrauma)
 - Ipercapnia permissiva
- Pressure Support = 10cm H₂O

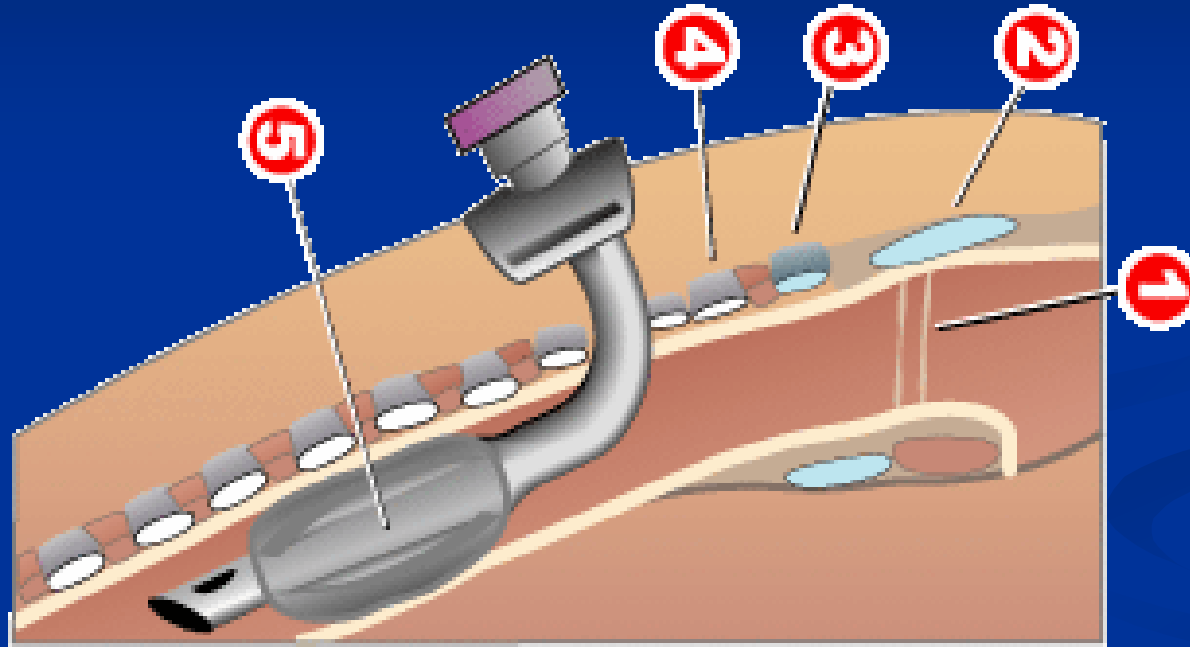
Indicazioni per estubazione

Numerical Parameters	Normal Range	Weaning Threshold
P/F	> 400	> 200
Tidal volume	5 - 7 ml/kg	5 ml/kg
Respiratory rate	14 - 18 breaths/min	< 40 breaths/min
Vital capacity	65 - 75 ml/kg	10 ml/kg
Minute volume	5 - 7 L/min	< 10 L/min

Greater Predictive Value	Normal Range	Weaning Threshold
NIF (Negative Inspiratory Force)	> - 90 cm H ₂ O	> - 25 cm H ₂ O
RSBI (Rapid Shallow Breathing Index) (RR/TV)	< 50	< 100

Necessità di tracheostomia

Una prolungata intubazione può danneggiare le vie aeree e creare edema



1 - Vocal cords. 2 - Thyroid cartilage. 3 - Cricoid cartilage. 4 - Tracheal cartilage. 5 - Balloon cuff.

Ventilator management algorithm

Modified from Sena et al, *ACS Surgery: Principles and Practice* (2005).

Initial intubation

- $FiO_2 = 50\%$
- $RR = 12 - 15$
- $PEEP = 5$
- $V_T = 8 - 10 \text{ ml/kg}$

$S_aO_2 < 90\%$

$S_aO_2 > 90\%$

$S_aO_2 < 90\%$

- Increase FiO_2 (keep $S_aO_2 > 90\%$)
- Increase PEEP to max 20
- Identify possible acute lung injury
- Identify respiratory failure causes

Acute lung injury ↓

Acute lung injury

- Low T_V (lung-protective) settings
 - Reduce T_V to 6 ml/kg
 - Increase RR up to 35 to keep $pH > 7.2$, $P_aCO_2 < 50$
- Adjust PEEP to keep $FiO_2 < 60\%$

$S_aO_2 < 90\%$

$S_aO_2 > 90\%$

$S_aO_2 < 90\%$

- Dx/Tx associated conditions (PTX, hemothorax, hydrothorax)
- Consider adjunct measures (prone positioning, HFOV, IRV)

$S_aO_2 > 90\%$

- Continue lung-protective ventilation until:
 - $PaO_2/FiO_2 > 300$
 - Criteria met for SBT

No injury →

$S_aO_2 > 90\%$

- Adjust RR to maintain $PaCO_2 = 40$
- Reduce $FiO_2 < 50\%$ as tolerated
- Reduce PEEP < 8 as tolerated
- Assess criteria for SBT daily

Fail SBT ↓

Persistently fail SBT

- Consider tracheostomy
- Resume daily SBTs with CPAP or tracheostomy collar

Intubated $> 2 \text{ wks}$ ↓

Prolonged ventilator dependence

- Consider PSV wean (gradual reduction of pressure support)
- Consider gradual increases in SBT duration until endurance improves

Pass SBT →

Airway stable

Extubate

Airway stable

Pass SBT →

Pass SBT →

Pressione Controllata

Inserimento
dati paziente

Nebulizzatore

Stato
☐

18/11 22:57

Pplcco (cmH₂O) 30
15

Pmedia (cmH₂O) 10

PEEP (cmH₂O) 4

Freq. (resp./min) 30
25

Conc. O₂ (%) 80

MVe (l/min) 10,5
7,8

VTI (ml) 320

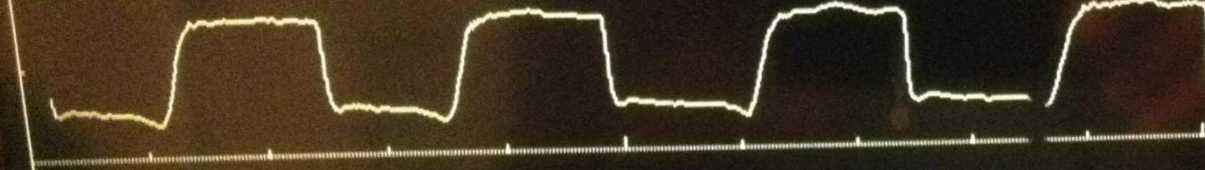
VTe (ml) 329

etCO₂ (mmHg) 42

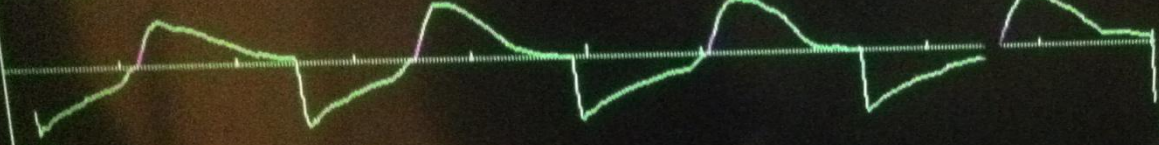
VCO₂ (ml/min) 209

Vt CO₂ (ml) 9,8

20 cmH₂O



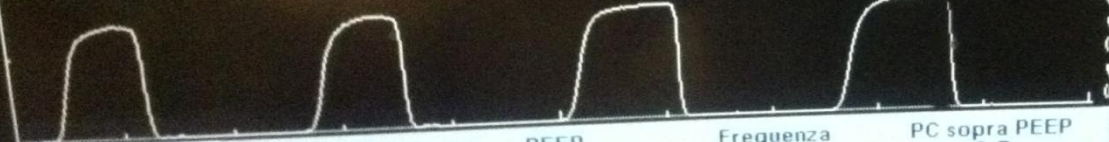
60 l/min



-60
400 ml



60 mmHg



Altre
impostazioni

Conc. O₂
80

PEEP
5
cmH₂O

Frequenza
15
resp./min

PC sopra PEEP
10
cmH₂O

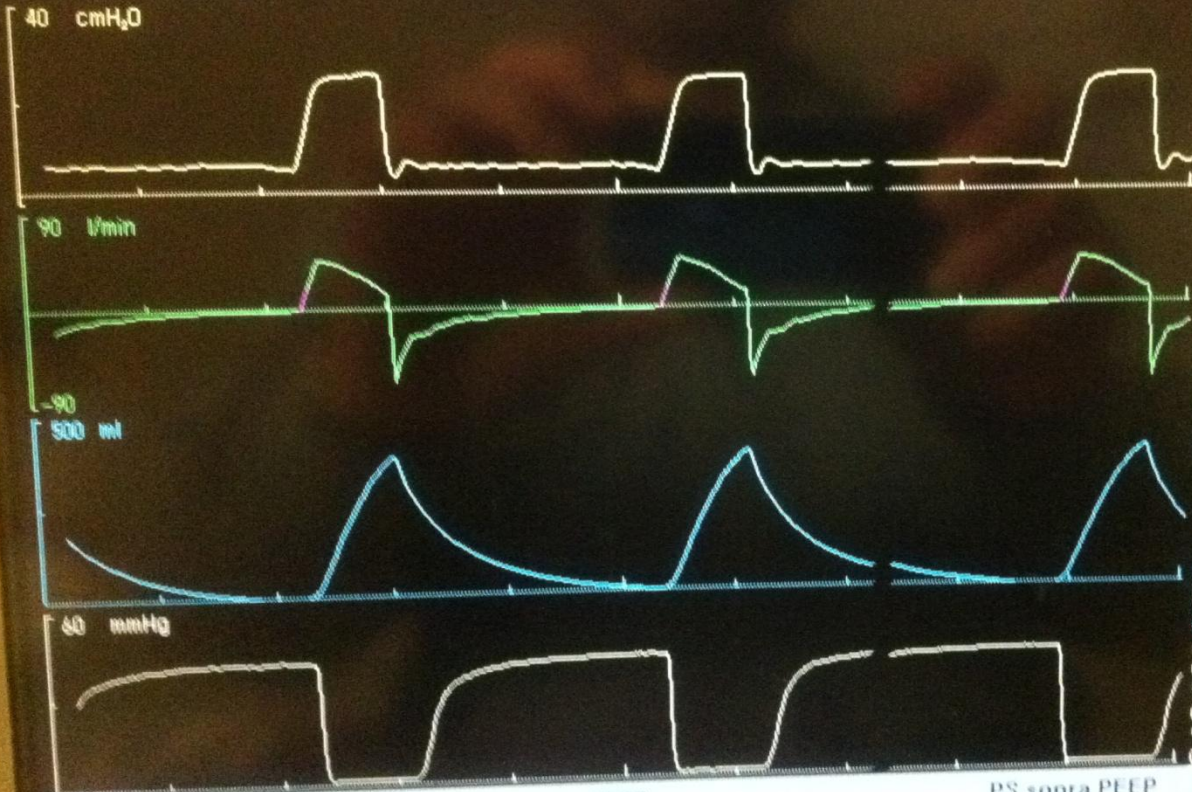
Altri
valori

MAQUET

PS/CPAP Inserimento dati paziente Nebulizzatore Stato

Richiesta verifica CO₂

11-18 22:55



Ppicco (cmH₂O) 35
27
Pmedia (cmH₂O) 10
PEEP (cmH₂O) 6
Freq. (resp/min) 48
20
Conc. O₂ (%) 39
Ti/Ttot 0.25
MVe (l/min) 18.0
7.5
VTi (ml) 385
VTe (ml) 381
etCO₂ (mmHg) 42
VCO₂ (ml/min) 177
Vt CO₂ (ml) 8.8

Altre impostazioni Conc. O₂ 40 PEEP 6 PS sopra PEEP 20 Altri valori

MAQUET

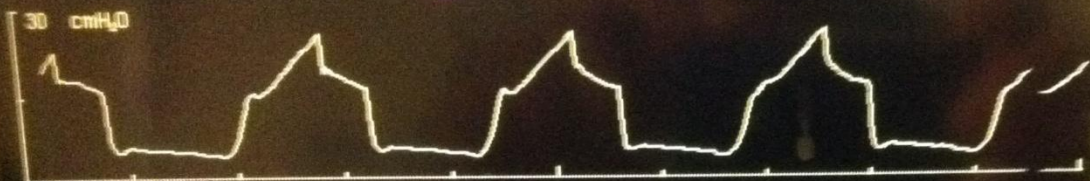
Volume Controllato

Inserimento
dati paziente

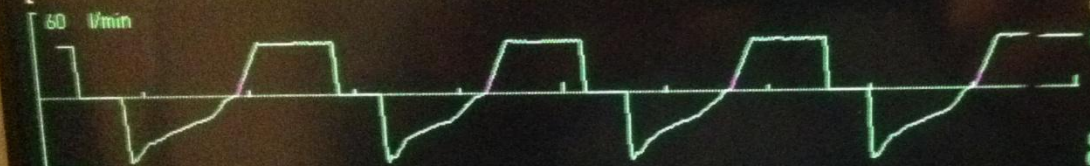
Nebulizzatore

Stato

0:09



Pmedia (cmH₂O) **12**
PEEP (cmH₂O) **4**



Conc. O₂ (%) **80**



VTi (ml) **449**
VTe (ml) **338**



etCO₂ (mmHg) **38**
VCO₂ (ml/min) **238**
Vt CO₂ (ml) **11.0**

Altre impostazioni

Conc. O₂ **80**%

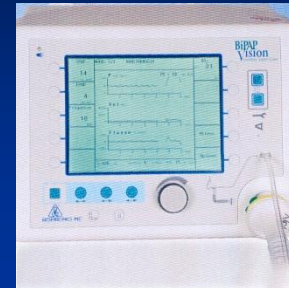
PEEP **5** cmH₂O

Frequenza **15** resp./min

TV **450** ml

Altri valori

Ventilatori NIV - BiPAP



Parametri	Synchrony	Vision	
IPAP	4-30	2-40	cmH ₂ O
EPAP	4-30	2-20	cmH ₂ O
CPAP	4-20	2-20	cmH ₂ O
FR	4-30	4-40	Atti/min
Ti	0,5-3	0,5-3	sec
IPAP rise time	0,1-0,6	0,05-0,4	sec

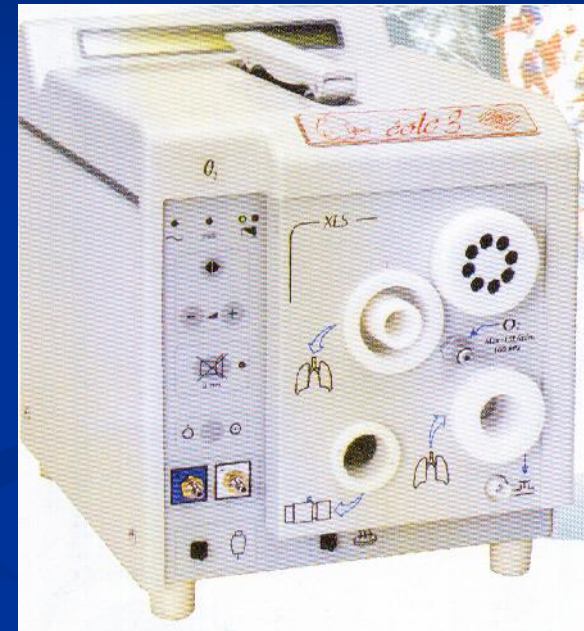
Vivisol Helia



PSV,
PCV, APCV, VAPS,
IPPB, ACV, CV

**Modalità di
ventilazione:**

Vivisol éole 3 xls



CV, ACV,
IPPB, SIMV

NIV - Ventilazione Non Invasiva

OSSIGENO

- Ventilatori domiciliari sprovvisti di miscelatore o sorgente di O_2
 - Non è possibile erogare alte concentrazioni di O_2
- L' O_2 può essere addizionato al circuito inspiratorio o a livello dell'interfaccia: $F_I O_2$?
- Alcuni ventilatori domiciliari sono dotati di analizzatori di FiO_2 che normalmente danno informazioni poco precise
 - Utilità del pulsossimetro

Nursing



