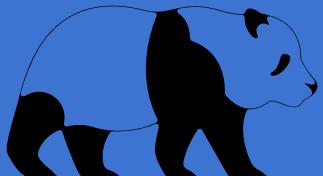


# CONCETTI DI VENTILAZIONE

Prof. Roman - Pognuz



ERC 22

ERC 22

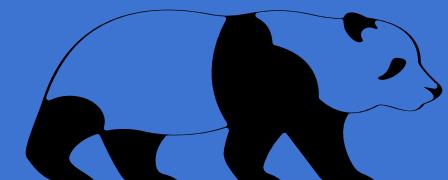
# L'OSSIGENO: ELEMENTO ESSENZIALE PER LA VITA

Ma va considerato a tutti gli effetti un farmaco

documento riservato

Deve quindi rispettare:

- Prescrizione corretta – solo se indicato clinicamente
- Valutazione dei rischi e delle complicanze – tossicità, ipercapnia, assuefazione
- Scelta del metodo di somministrazione – in base al quadro clinico e alla necessità di  $\text{FiO}_2$
- Monitoraggio continuo –  $\text{SpO}_2$ ,  $\text{PaO}_2$ , risposta clinica



# GRADO DI OSSIGENAZIONE DEL SANGUE ARTERIOSO

Può essere espresso da due parametri distinti, che non sono sovrapponibili tra loro:

## 1. Saturazione in ossigeno dell'emoglobina ( $SpO_2$ )

Indica la percentuale di emoglobina legata all'ossigeno.

Si misura con il saturimetro (pulsossimetro).

Riflette la capacità del sangue di trasportare ossigeno legato all'emoglobina.

## 2. Pressione parziale di ossigeno nel sangue arterioso ( $PaO_2$ )

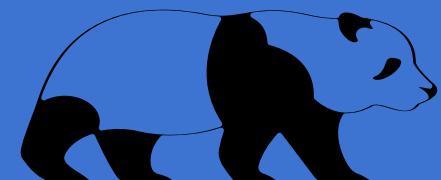
Indica la quota di ossigeno dissociata fisicamente nel plasma.

Si determina con l'emogasanalisi arteriosa (EGA).

Rappresenta il gradiente di diffusione dell'ossigeno dai polmoni al sangue.

### Attenzione:

$SpO_2$  e  $PaO_2$  sono correlati ma non equivalenti: variazioni della curva di dissociazione dell'emoglobina (pH, temperatura,  $CO_2$ ) possono modificarne il rapporto.



# VARIAZIONI DI PaO<sub>2</sub> E SpO<sub>2</sub> CON L'ETÀ

L'ossigenazione arteriosa **non è costante nel corso della vita**:

- I valori di **PaO<sub>2</sub>** e **SpO<sub>2</sub>** **aumentano dall'infanzia fino all'età adulta**
- Successivamente **tendono a diminuire progressivamente con l'invecchiamento**

**Valori di SpO<sub>2</sub> considerati normali:**

👉 **> 70 anni 92-98 %**

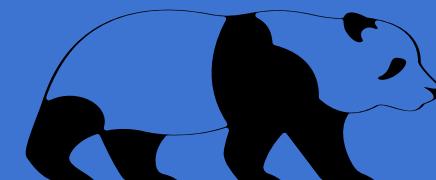
La riduzione è legata al fisiologico declino della funzione polmonare e alla ridistribuzione dei rapporti ventilazione/perfusione

👉 **< 70 anni 94-98 %**

Valori inferiori possono indicare ipossiemia e richiedono approfondimento clinico

**Nota clinica:**

La diminuzione della PaO<sub>2</sub> con l'età è approssimativamente di **0,3-0,4 mmHg per ogni anno** oltre i 20 anni.



# **FiO<sub>2</sub> – FRAZIONE INSPIRATA DI OSSIGENO**

La **FiO<sub>2</sub>** (Fraction of Inspired Oxygen) rappresenta la **percentuale di ossigeno contenuta nella miscela inspirata** dal paziente.

È quindi un parametro fondamentale per valutare e modulare l'apporto di ossigeno durante la ventilazione spontanea o meccanica.

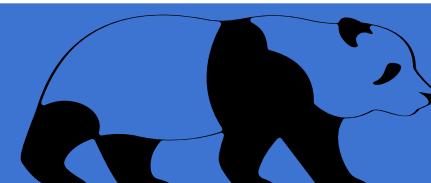
**FiO<sub>2</sub> ottimale**

È quella che:

- Produce un **innalzamento della PaO<sub>2</sub>** compreso tra 65 e 80 mmHg
- Determina un **aumento della saturazione (SpO<sub>2</sub>) oltre il 94%**
- **Evita l'iperossia**, riducendo il rischio di tossicità da ossigeno e stress ossidativo

**Nota clinica:**

L'obiettivo è **mantenere una adeguata ossigenazione** con la **minima FiO<sub>2</sub> efficace**, adattandola continuamente al quadro clinico e ai valori di monitoraggio.



# FiO<sub>2</sub> IN ARIA AMBIENTE E VARIAZIONI CON IL FLUSSO

- In **aria ambiente**, la **FiO<sub>2</sub>** corrisponde a circa **21%**.
- Ogni incremento di **1 L/min di ossigeno** erogato con cannula nasale aumenta la **FiO<sub>2</sub>** di circa **3-4%**.

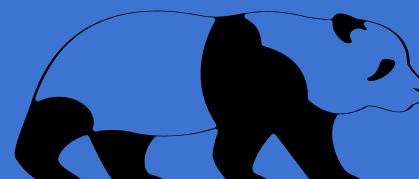
Esempi indicativi di **FiO<sub>2</sub>** con cannula nasale:

**Attenzione alla frequenza respiratoria (FR):**

- La **FiO<sub>2</sub>** effettiva dipende anche dalla **frequenza e profondità del respiro**.
- Un'aumentata **FR diluisce** maggiormente l'ossigeno inspirato con aria ambiente, **riducendo la FiO<sub>2</sub> reale**.

**Nota pratica:**

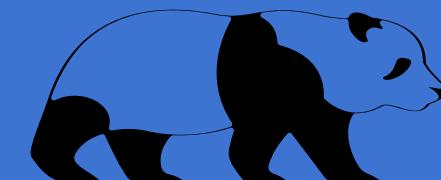
La **FiO<sub>2</sub>** erogata è sempre **stimata**, non misurata con precisione, nelle metodiche a basso flusso.



# Esempi indicativi di FiO<sub>2</sub> con cannula nasale:

Flusso O <sub>2</sub> (L/min)	FiO <sub>2</sub> approssimativa (%)
1 L/min	24 %
2 L/min	28 %
3 L/min	32 %
4 L/min	36 %
5 L/min	40 %
6 L/min	44 %

documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz



# OSSIGENOTERAPIA

## ◆ Definizione

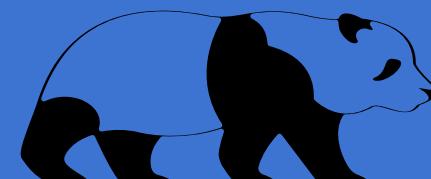
L'ossigenoterapia consiste nella **sommministrazione di ossigeno a concentrazioni superiori a quelle presenti nell'aria ambiente ( $\approx 21\%$ )**, con l'obiettivo di **trattare o prevenire l'ipossiemia**.

## Finalità principali

- **Aumentare la frazione di ossigeno legato all'emoglobina ( $SpO_2$ )**  
→ migliorare il trasporto di  $O_2$  ai tessuti
- **Incrementare la  $PaO_2$  arteriosa**, garantendo un'adeguata ossigenazione del sangue
- **Ridurre il lavoro respiratorio** necessario per mantenere una tensione arteriosa di  $O_2$  adeguata  
→ alleggerire lo sforzo ventilatorio del paziente

## Concetto chiave:

L'ossigeno è un **farmaco salvavita**, ma deve essere **prescritto, titolato e monitorato** con la stessa attenzione di ogni altro trattamento terapeutico.



# OSSIGENOTERAPIA A LUNGO TERMINE (LTOT / OLT)

## Definizione

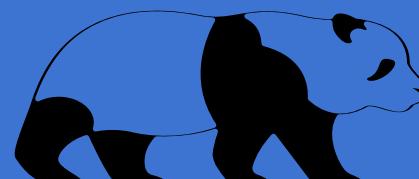
Per **ossigenoterapia a lungo termine (LTOT)** — o **Ossigeno Long Term (OLT)** — si intende la **somministrazione continuativa di ossigeno** per un periodo **superiore a 15 ore al giorno**, erogato in quantità e flussi tali da **mantenere la PaO<sub>2</sub> a valori prossimi alla norma**.

## Obiettivo terapeutico

- Correggere l'**ipossiemia cronica**
- **Migliorare la sopravvivenza e la qualità di vita**
- **Ridurre la policitemia, l'ipertensione polmonare e lo scompenso destro**

## Nota clinica:

L'efficacia della LTOT è dimostrata soprattutto nei pazienti con **BPCO grave e PaO<sub>2</sub> ≤ 55 mmHg, o ≤ 60 mmHg** in presenza di complicanze cardiovascolari.



# OBIETTIVI DELL' OSSIGENOTERAPIA A LUNGO TERMINE (LTOT)

## Benefici fisiologici

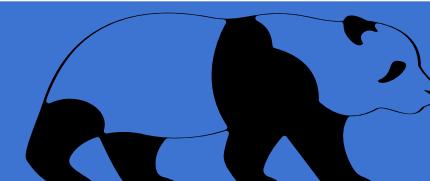
- ↑ **Apporto di ossigeno ai tessuti**
- ↓ **Lavoro ventilatorio** e miglioramento dell'efficienza respiratoria
- **Ritardo dell'insorgenza** di scompenso cardiaco e **altre complicanze** della BPCO

## Benefici funzionali e clinici

- ↑ **Attività quotidiane** e autonomia personale
- ↓ **Numero e durata dei ricoveri ospedalieri**
- ↑ **Attività relazionali e cognitive**
- ↑ **Qualità di vita complessiva**
- ↑ **Sopravvivenza a lungo termine**

## Messaggio chiave:

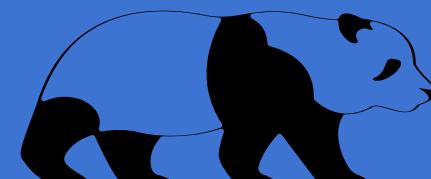
L'ossigenoterapia a lungo termine non è solo un supporto respiratorio, ma una vera **terapia di mantenimento** che migliora **prognosi e qualità della vita** nei pazienti con BPCO.



# EFFETTI DELL'OSSIGENOTERAPIA

Miglioramento delle condizioni cliniche generali attraverso:

- ↓ Frequenza respiratoria (FR) e ↓ dispnea
- ↓ Lavoro cardiaco e riduzione della pressione arteriosa polmonare
- ↓ Poliglobulia a lungo termine
- ↑ Ossigenazione tissutale
- ↑ Tolleranza allo sforzo fisico
- ↑ Qualità del sonno e miglioramento del riposo notturno
- ↑ Funzioni cognitive e attività neuropsichica
- ↓ Numero e durata dei ricoveri ospedalieri
- ↑ Sopravvivenza
- ↑ Qualità di vita complessiva



# RISCHI E COMPLICANZE DELL' OSSIGENOTERAPIA

## 1. Complicanze sistemiche

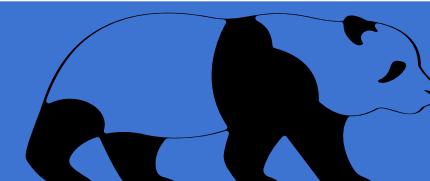
- **Ipercapnia** (nei pazienti con BPCO o ipoventilazione cronica)
- **Tossicità da ossigeno**, con possibili effetti su:
  - Congestione e **necrosi endoteliale**
  - **Edema polmonare** non cardiogeno
  - **Atelettasia da riassorbimento** per danno del tensioattivo
  - **Formazione di radicali liberi dell'O<sub>2</sub>** → stress ossidativo e danno tissutale

## 2. Complicanze locali

- **Irritazione delle mucose**, arrossamento
- **Secchezza nasale e faringea**
- Ulcerazioni da contatto prolungato del dispositivo

## 3. Aspetti psicologici e di sicurezza

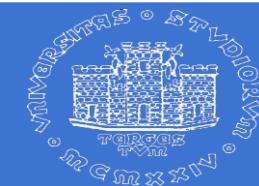
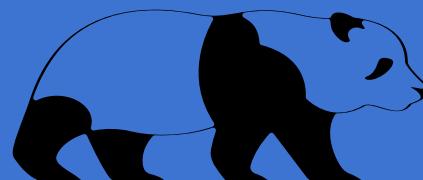
- **Disagio psicologico** o senso di dipendenza dal dispositivo
- **Rischio di incendio o esplosione** in presenza di fiamme libere, scintille o fonti di calore



# CRITERI DI PRESCRIZIONE

Prescrivi LTOT se:

- **PaO<sub>2</sub> ≤ 55 mmHg (o SaO<sub>2</sub> ≤ 88%) stabile;**
- oppure 55-60 mmHg con policitemia/cor pulmonale/ipp polmonare. (Forte, evidenza storica; ↑ sopravvivenza). [GOLD+2PubMed+2](#)
- **Non di routine in ipossiemia moderata a riposo o solo da sforzo** (nessun beneficio duro: LOTT). [New England Journal of Medicine](#)
- **ILD:** criteri **come BPCO** per ipossiemia severa; **condizionale** per ossigeno da sforzo. [\(ATS 2020\)](#).

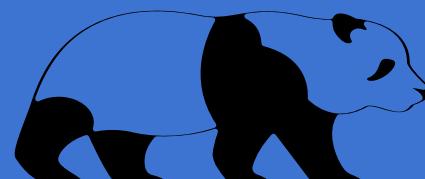


# CRITERI DI PRESCRIZIONE

Uso non continuativo in pazienti con PaO<sub>2</sub> normale a riposo quando:

➤ I possibili episodi di ipossia transitoria durante il sonno dovuta ad OSAS (PaO<sub>2</sub> < 55 mmHg con ipertensione polmonare, sonnolenza diurna e aritmie cardiache)

➤ Desaturazione durante esercizio (PaO<sub>2</sub> < 55 mmHg per attività lieve)

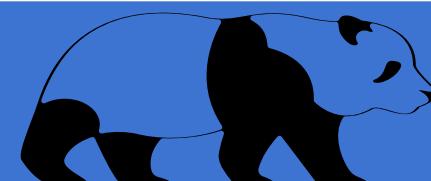


# OSSIGENOTERAPIA A LUNGO TERMINE



ATS	ERS	BT S	GOLD
$\text{PaO}_2 < 55 \text{ mmHg}$ $55 < \text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ ed almeno uno tra: $\text{Htc} > 55\%$ Cuore Polmonare Edemi periferici da ICC Compromissione dello stato mentale	$\text{PaO}_2 < 55 \text{ mmHg}$ $55 < \text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ ed almeno uno tra: $\text{Htc} > 55\%$ Cuore Polmonare Ipertensione Polmonare Ipossiemia notturna severa	$\text{PaO}_2 < 55 \text{ mmHg}$ $\text{vEMS} < 1.5 \text{ L/s}$ $55 < \text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ ed almeno uno tra: Ipertensione Polmonare Edemi periferici da ICC Ipossiemia notturna	$\text{PaO}_2 < 55 \text{ mmHg}$ (o $\text{HbO}_2 < 88\%$ ) $55 < \text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ (o $\text{HbO}_2 = 89\%$ ) ed almeno uno tra: $\text{Htc} > 55\%$ Ipertensione Polmonare Edemi periferici da ICC

*La condizione di ipossiemia continua viene considerata stabile, allorchè sia rilevata in almeno **in 2-3 determinazioni**, su sangue arterioso nell'arco di 1-2 mesi a malattia **stabilizzata**, in stato di veglia e con paziente a riposo **da almeno 1 ora**.*



# DISPOSITIVI PER SOMMINISTRAZIONE DI O2

## SISTEMI A BASSO FLUSSO

CANNULE NASALI



MASCHERE

mascherina semplice



maschera con reservoir

Prof. Roman - Pognuz

## SISTEMI AD ALTO FLUSSO

maschera di Venturi



bomba  
O2 compresso



documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz

concentratore



bomba O2 liquido

ERC 22

# DISPOSITIVI DI EROGAZIONE – CANNULA NASALE

## Caratteristiche

- Tubo flessibile in **materiale gommoso o PVC medicale**
- **Forcella nasale** con diverse dimensioni per adattarsi all'anatomia del paziente
- **Monopaziente** (uso individuale per motivi igienici)
- **Flusso massimo consigliato: ~6 L/min**
- Per flussi >4 L/min è necessaria l'umidificazione dell'ossigeno per prevenire **secchezza e irritazione** della mucosa nasale

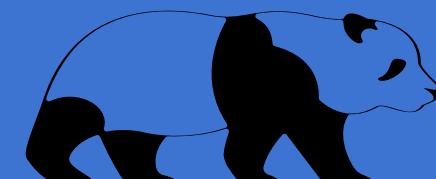


## Condizione indispensabile Pervietà delle vie aeree!

L'efficacia dell'erogazione dipende dalla libertà delle vie respiratorie superiori.

## Nota pratica:

Ideale per pazienti **collaboranti e stabili**, che necessitano di un **supporto a basso flusso e comfort elevato**.



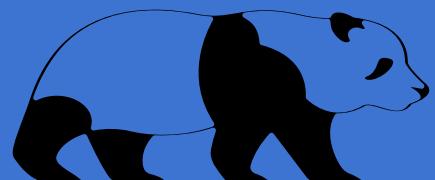
# Vantaggi

- Possibilità di: parlare  
nutrirsi espettare.
- Umidificazione non  
indispensabile
- Mezzo poco restrittivo
- Economico

# Svantaggi

- Malposizione durante il  
sonno
- Valutazione  
approssimativa della  
FiO<sub>2</sub>
- Irritazione mucosa
- Dispersione nei pz con  
fe prolungato (pz  
grave)
- Utilizzo di bassi flussi  
< 3 lt\min

documento riservato  
Prof. Roman Pognuzzi



# MASCHERE SEMPLICI (a basso flusso)

## Caratteristiche principali

- Consentono di erogare una **FiO<sub>2</sub> compresa tra 0.40 e 0.60**
- **Flusso di O<sub>2</sub> consigliato: 5-8 L/min**  
(un flusso inferiore a 5 L/min può causare **rebreathing di CO<sub>2</sub>**)
- Dotate di **aperture laterali** che:
- Permettono l'**ingresso di aria ambiente**
- Evitano il **rebreathing** della CO<sub>2</sub>
- Devono aderire bene al **viso** per garantire una corretta concentrazione di ossigeno

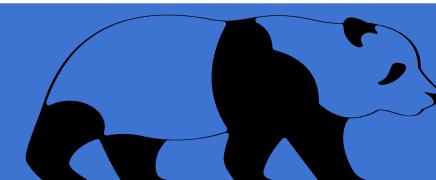


## Nota pratica

Maschere semplici non forniscono FiO<sub>2</sub> precise, poiché la miscela inspirata dipende dal **flusso impostato**, dal **pattern respiratorio** e dalla **tenuta sul volto**.

## Indicazioni:

Pazienti che richiedono **ossigenoterapia a breve termine o a concentrazione moderata**, in assenza di ipercapnia significativa.



# LIMITI DELLA MASCHERA SEMPLICE

## Svantaggi pratici

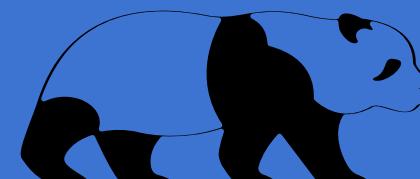
- Attutisce la voce e ostacola la comunicazione
- Rende difficile l'alimentazione e l'assunzione di liquidi
- Adattamento spesso imperfetto al viso → rischio di perdite e  $\text{FiO}_2$  variabile
- Ingombrante durante il sonno, riduce il comfort e favorisce la rimozione involontaria

## Tollerabilità

- Generalmente mal tollerata dai pazienti, che preferiscono la cannula nasale per maggiore comfort e libertà nei movimenti

## Nota clinica:

L'utilizzo della maschera semplice è indicato solo per periodi limitati o quando è richiesta una  $\text{FiO}_2$  superiore a quella ottenibile con la cannula nasale.



# MASCHERE CON RESERVOIR (a medio-alto flusso)

## Caratteristiche principali

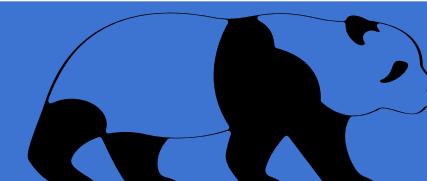
- Consentono di erogare una **FiO<sub>2</sub>** compresa tra **0.60 e 0.90**
- **Flusso di O<sub>2</sub> consigliato: 6-10 L/min**
- Dotate di un **reservoir (sacca di riserva)** con capacità di **600-1000 mL**, che si riempie durante l'espirazione e si svuota in inspirazione
- Permettono di **accumulare ossigeno ad alta concentrazione**, riducendo la miscelazione con l'aria ambiente

## Tipologie

- **Maschera a reinhalazione parziale**: una valvola aperta consente il rientro di parte dell'O<sub>2</sub> espirato
- **Maschera a non reinhalazione**: valvole unidirezionali impediscono il rientro dell'aria espirata → **FiO<sub>2</sub> più elevata e stabile**

## Nota pratica:

Ideale in situazioni di **ipossiemia acuta severa**, trauma, shock o quando è necessario un **rapido incremento della FiO<sub>2</sub>**.



# Maschera di Venturi (Ventimask)

## Caratteristiche principali

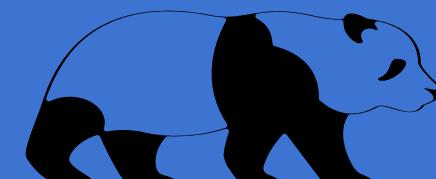
- È il **sistema più efficiente e sicuro** per la somministrazione di ossigeno a concentrazioni controllate
- Garantisce una **FiO<sub>2</sub> precisa e costante**, indipendentemente dal pattern respiratorio del paziente
- Il principio di funzionamento si basa sull'**effetto Venturi**: una **restrizione nel punto di miscelazione** crea un flusso ad alta velocità che **aspira aria ambiente**, mescolandola con l'ossigeno erogato
- La miscela risultante fornisce **una concentrazione di O<sub>2</sub> predefinita**, in base al colore e al calibro dell'adattatore

## Vantaggi

- **FiO<sub>2</sub> accurata e riproducibile** (da 24% a 60%)
- **Ideale per pazienti BPCO**, dove è essenziale evitare iperossia e ipercapnia
- **Non richiede umidificazione** a flussi standard

## Nota pratica:

Ogni adattatore (Venturi jet) è colorato e calibrato per un preciso rapporto **aria/O<sub>2</sub>**, corrispondente a una determinata **FiO<sub>2</sub>** (es. blu 24%, giallo 28%, rosso 40%, verde 60%).

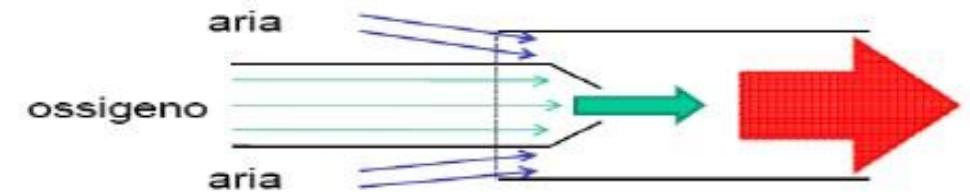


# PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA MASCHERA DI VENTURI

## Effetto Venturi

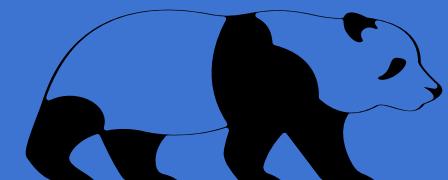
Questa maschera utilizza il **principio fisico dell'effetto Venturi** per erogare **concentrazioni di ossigeno costanti e controllate**.

- L'**ossigeno sotto pressione** viene spinto attraverso un **orifizio stretto** (ugello Venturi).
- Il passaggio forzato attraverso l'orifizio causa un'aumentata **velocità del flusso** e una **riduzione della pressione statica**.
- Tale **pressione subatmosferica** determina il **risucchio dell'aria ambiente** all'interno del sistema.
- La **miscelazione tra aria e ossigeno** produce una  **$\text{FiO}_2$  precisa**, definita dal **rapporto aria/O<sub>2</sub>** determinato dal calibro dell'adattatore.



## Nota didattica:

Ogni adattatore colorato (Venturi jet) corrisponde a un diverso **rapporto aria/O<sub>2</sub>**, consentendo di impostare  **$\text{FiO}_2$  da 24% fino a 60%**, indipendentemente dal pattern respiratorio del paziente.



# REGOLAZIONE DELLA $\text{FiO}_2$ NELLA MASCHERA DI VENTURI

## Principio di regolazione

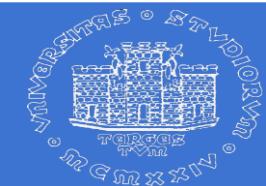
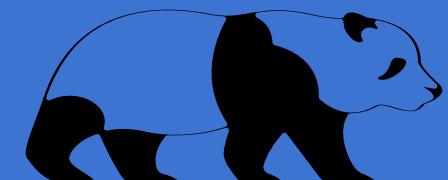
- Variando la misura dell'orifizio e il flusso dell' $\text{O}_2$ , si modifica la  $\text{FiO}_2$  erogata.
- Il flusso deve sempre corrispondere a quello indicato dal costruttore, per garantire la corretta concentrazione di ossigeno.

## $\text{FiO}_2$ e adattatori colorati

- Le maschere di Venturi sono fornite con ugelli intercambiabili di diversi colori, ognuno dei quali:
- Corrisponde a una determinata  $\text{FiO}_2$  (es. 24%, 28%, 35%, 40%, 60%)
- Richiede un flusso specifico di  $\text{O}_2$  per ottenere quella concentrazione
- I colori non sono universali: variano a seconda della ditta produttrice, quindi è necessario verificare sempre la tabella di riferimento fornita con il dispositivo.

## Nota pratica:

Impostare un flusso inferiore o superiore a quello raccomandato altera il rapporto aria/ $\text{O}_2$   
→  $\text{FiO}_2$  non corretta e rischio di ipossia o iperossia.



## Equivalenza FiO<sub>2</sub>

### Occhialini - Venturi

#### Occhialini

1 l/m

2 l/m

3 l/m

4 l/m

5 l/m

7 l/m

9 l/m

#### Venturi

24 %, 2 l/m

28% 4 l/m

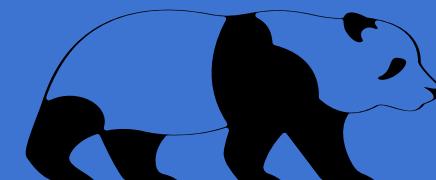
31% 6 l/m

35% 8 l/m

40% 8 l/m

50% 12 l/m

60% 12 l/m



# MASCHERA DI VENTURI – VANTAGGI E SVANTAGGI

## VANTAGGI

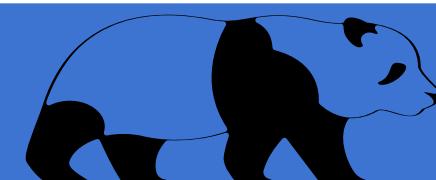
- Garantisce **miscele aria/O<sub>2</sub>** a percentuali fisse e riproducibili
- Permette un efficace **lavaggio della CO<sub>2</sub>**
- **Facile da applicare** e da regolare
- Indicata nei pazienti con **respirazione orale**
- Adatta quando sono necessari **flussi elevati e FiO<sub>2</sub> controllata**

## SVANTAGGI

- Non indicata per uso **prolungato** (ossigenoterapia a lungo termine)
- Interferisce con **alimentazione e aspirazione orofaringea**
- **Rischio di inhalazione** in caso di vomito
- Può provocare **sensazione di claustrofobia**
- Possibile **reazione allergica** al materiale (es. **policloruro di vinile – PVC**)

## Nota pratica:

Ideale per il **controllo preciso della FiO<sub>2</sub>** in pazienti con BPCO o ipercapnia cronica, ma da evitare per **terapie prolungate o pazienti non collaboranti**.



# 02-TERAPIA AD ALTI FLUSSI

## Definizione

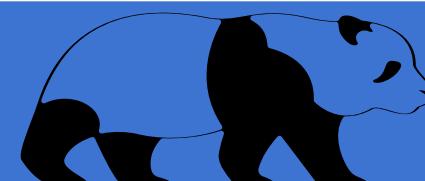
La terapia ad alti flussi (HFT) consiste nella **somministrazione di una miscela aria/O<sub>2</sub> a concentrazione controllata**, generata da una fonte esterna e somministrata attraverso una **cannula nasale riscaldata e umidificata**.

## Caratteristica distintiva

- Il **flusso erogato è superiore al flusso inspiratorio spontaneo del paziente**, garantendo:
- **FiO<sub>2</sub> nota e costante**
- Riduzione della **diluizione con aria ambiente**
- Miglior comfort respiratorio

## Nota tecnica:

Il sistema è generalmente in grado di erogare **flussi fino a 60 L/min con FiO<sub>2</sub> regolabile dal 21% al 100%**, mantenendo **temperatura (31-37°C)** e **umidità ottimali** per la mucosa respiratoria.



# OSSIGENO : FONTI DI SOMMINISTRAZIONE

## 1 Ossigeno gassoso (bombole)

### Vantaggi:

- Facile reperibilità
- Nessuna necessità di alimentazione elettrica

### Svantaggi:

- **Fonte fissa**, limitata autonomia
- **Pericolosità** (alta pressione → rischio esplosione)
- **Costi elevati** e **necessità di sostituzioni frequenti**

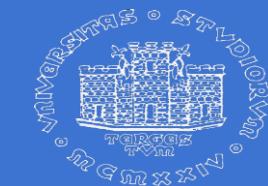
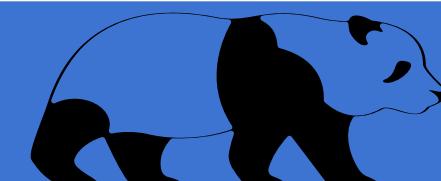
## 2 Ossigeno liquido

### Vantaggi:

- Facile reperibilità
- **Maggiore autonomia di utilizzo**
- Possibilità di **unità portatile (stroller)** per la mobilità
- **Rifornimento a domicilio** disponibile

### Svantaggi:

- **Costo relativamente elevato**
- Evaporazione in caso di inutilizzo prolungato



# OSSIGENO : FONTI DI SOMMINISTRAZIONE

## 3 Concentratore di ossigeno

**Vantaggi:**

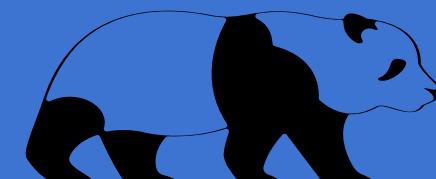
- **Basso costo operativo**
- **Autonomia illimitata** (finché alimentato elettricamente)

**Svantaggi:**

- **Scarsa mobilità** (peso, cavo elettrico)
- **Flusso limitato** ad alti volumi di O<sub>2</sub>
- **Rumorosità** e necessità di manutenzione periodica

**Nota pratica:**

La scelta del sistema dipende da: **necessità cliniche, livello di autonomia del paziente, ambient e domestico e disponibilità di assistenza domiciliare.**

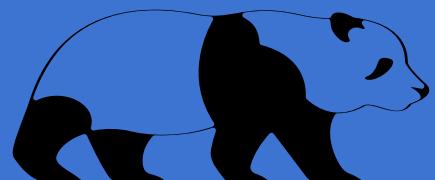


# GORGOLIATORE

L'Ossigeno è un gas freddo e secco, pertanto, è necessario umidificarlo e riscalarlo prima del suo utilizzo. E' possibile utilizzare il gorgogliatore che fraziona il flusso di gas in una piccolo contenitore di acqua sterile (foto). Questo gorgogliatore viene fissato alla base del flussometro.



documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz



# CONCENTRATORI DIO<sub>2</sub>

## Definizione

Un **concentratore di ossigeno** è un dispositivo che **estrae l'ossigeno dall'aria ambiente**, fornendo al paziente una **miscela di gas arricchita in O<sub>2</sub>**.

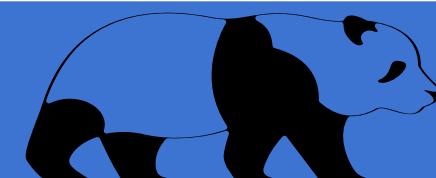
Viene utilizzato come **ausilio respiratorio** in alternativa alle bombole o all'ossigeno liquido.

## Principio di funzionamento

1. L'aria ambiente viene aspirata e compressa.
2. Passa attraverso **setacci molecolari in zeolite**, che trattengono l'azoto (N<sub>2</sub>).
3. Gli altri gas (ossigeno e tracce di argon, CO<sub>2</sub>, vapore acqueo) attraversano il filtro.
4. Il risultato è un flusso di **ossigeno concentrato** (≈90-95%) pronto per la somministrazione.

## Meccanismo

→ **Compressione → Filtrazione → Adsorbimento selettivo dell'azoto → Erogazione di O<sub>2</sub> concentrato**



# IPOSSIEMIA DA SFORZO

## Meccanismi principali

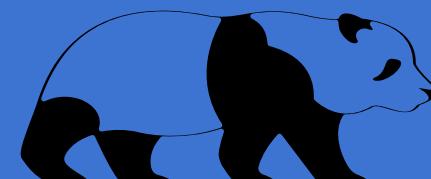
- **Aumento delle resistenze al flusso espiratorio** → ridotta eliminazione di CO<sub>2</sub>
- **Inadeguata risposta ventilatoria** allo sforzo → insufficiente incremento del volume corrente e della frequenza respiratoria
- **Aumento della quota di ventilazione inefficace** (spazio morto alveolare ↑)
- **Squilibrio ventilazione/perfusione (V/Q)** → minor ossigenazione arteriosa

## Attività quotidiane che possono causare desaturazione marcata

- **Camminare o salire le scale**
- **Lavarsi, vestirsi o pettinarsi**
- **Parlare o mangiare**
- **Attività domestiche leggere** (spolverare, cucinare, riordinare)

## Nota clinica:

Anche attività minime possono indurre **ipossiemia transitoria** nei pazienti con **BPCO, fibrosi polmonare o patologie restrittive**, rendendo utile la **valutazione con test del cammino dei 6 minuti (6MWT)** o monitoraggio SpO<sub>2</sub> durante le ADL.



# «Test di desaturazione» walking test

## Obiettivo

Valutare se il paziente **va incontro a desaturazione durante il cammino** a una velocità **simile a quella abituale** di deambulazione.

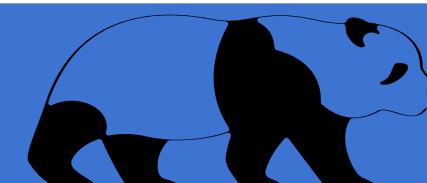
È un test utile per **stimare la tolleranza allo sforzo e valutare l'efficacia dell'ossigenoterapia**.

## Modalità di esecuzione

- Il **percorso** deve essere adattato alle **capacità funzionali** del paziente (es. test del cammino dei 6 minuti – *6MWT*).
- Durante il test si **monitora continuamente** la  $\text{SpO}_2$  e la **frequenza cardiaca**.
- Si **annotano**:
- la **quantità di ossigeno utilizzata** (flusso e dispositivo)
- il **tempo di insorgenza della desaturazione**
- la **distanza percorsa**

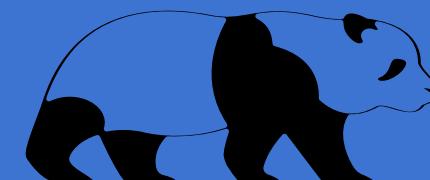
## Interpretazione:

Una **riduzione della  $\text{SpO}_2 \geq 4\%$**  o un valore **< 88%** durante il cammino indica **desaturazione significativa** → può giustificare **ossigenoterapia durante lo sforzo** o revisione del flusso.



# IMPOSTAZIONE DI O2-TERAPIA SOTTO SFORZO

Il fisioterapista valuta la quantità di ossigeno necessaria per permettere la deambulazione quotidiana (velocità e lunghezza del percorso normale per il paziente) senza che si verifichino desaturazioni significative ( $SpO_2 > 90\%$ ).



# COME RIDURRE L'OSSIGENOTERAPIA

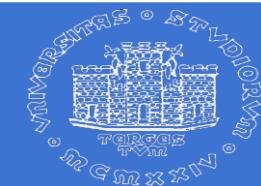
- Deve essere ridotta **gradualmente**. La dose più bassa è la Venturi 24% e la cannula nasale a 1 L /minuto.
- Se il paziente mantiene in due osservazioni successive il target di saturazione con tali flussi può interrompere l'ossigenoterapia. Si deve monitorare la saturazione nei successivi 5 minuti e verificare che rimanga nel target. Poi dopo un'ora.
- Se la saturazione è quella desiderata l'ossigenoterapia è terminata ma misurazioni periodiche della saturazione devono essere rilevate in relazione alla patologia del paziente.
- **Se lo svezzamento non funziona ripartire dal flusso di ossigeno più basso** e ripetere lo svezzamento più tardi. Se il flusso più basso non basta a raggiungere la giusta saturazione occorre riconsiderare il paziente e le cause del fallito svezzamento. I pazienti dispnoici durante uno sforzo necessitano di ossigenoterapia solo durante lo sforzo.



EGA

ERC 22

documento riservato  
**VENTILAZIONE**  
Prof. Roman - Pognuz  
**NON INVASIVA**



**ERC 22**

# VENTILAZIONE

## Componenti e fasi

La **ventilazione polmonare** comprende due fasi fondamentali:

### 1. Fase meccanica – flusso d'aria

1. Garantita dalla **parete toracica**, che permette l'espansione e il ritorno elastico del torace.

### 2. Fase di scambio gassoso

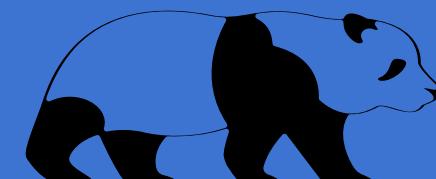
1. Assicurata dai **polmoni**, dove avviene l'**interazione tra aria alveolare e sangue capillare**, necessaria al soddisfacimento del **fabbisogno energetico dell'organismo**.

## Meccanica respiratoria

- La **parete toracica** e i **polmoni** sono strutture elastiche; la loro deformazione comporta un **lavoro meccanico**.
- Questo lavoro è svolto dai **muscoli inspiratori**, principalmente:
  - **Diaframma**
  - **Intercostali esterni**
  - **Muscoli accessori** (sternocleidomastoideo, scaleni)

## Nota fisiologica:

La coordinazione tra **meccanica toracica** e **compliance polmonare** è essenziale per garantire una ventilazione efficace e un adeguato scambio gassoso.



# Normal breath

Normal breath **inspiration**, awake

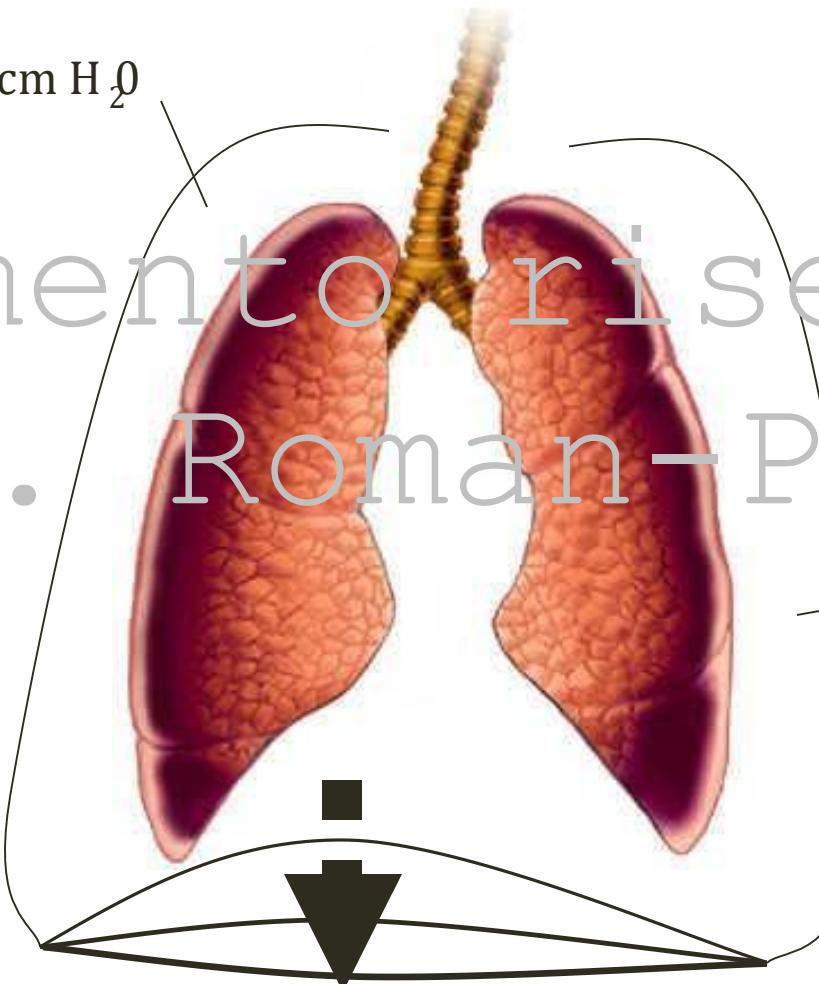
Lung FRC= balance

-2cm H<sub>2</sub>O

Diaphragm contracts

↑Chest volume

Prof.



↓Pleural pressure

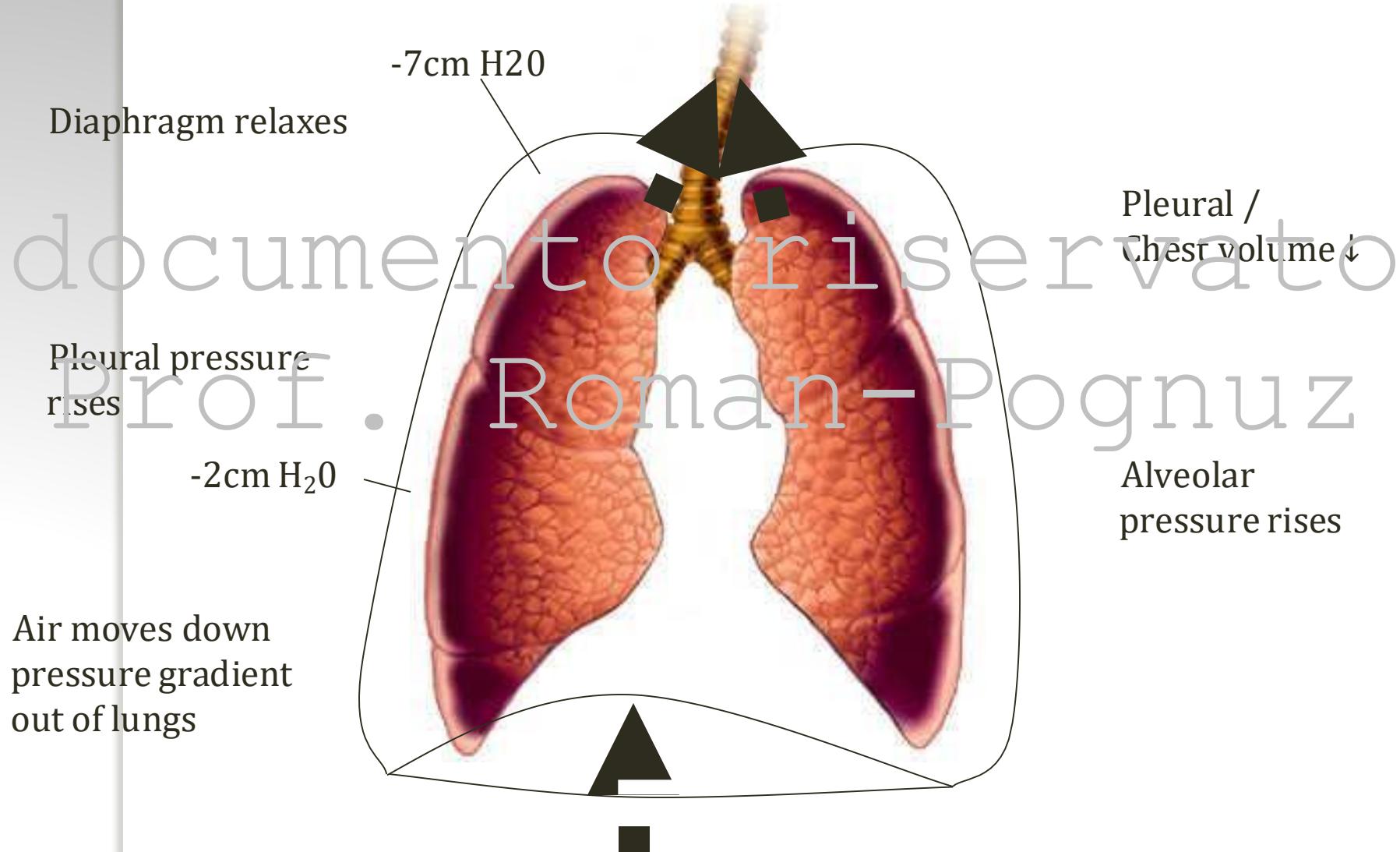
-7cm H<sub>2</sub>O

Alveolar pressure falls

Air moves down pressure gradient to fill lungs

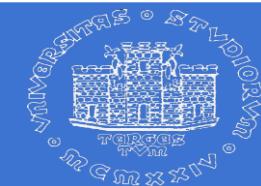
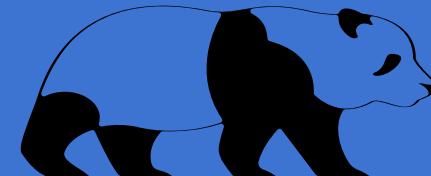
# Normal breath

Normal breath **expiration**, awake

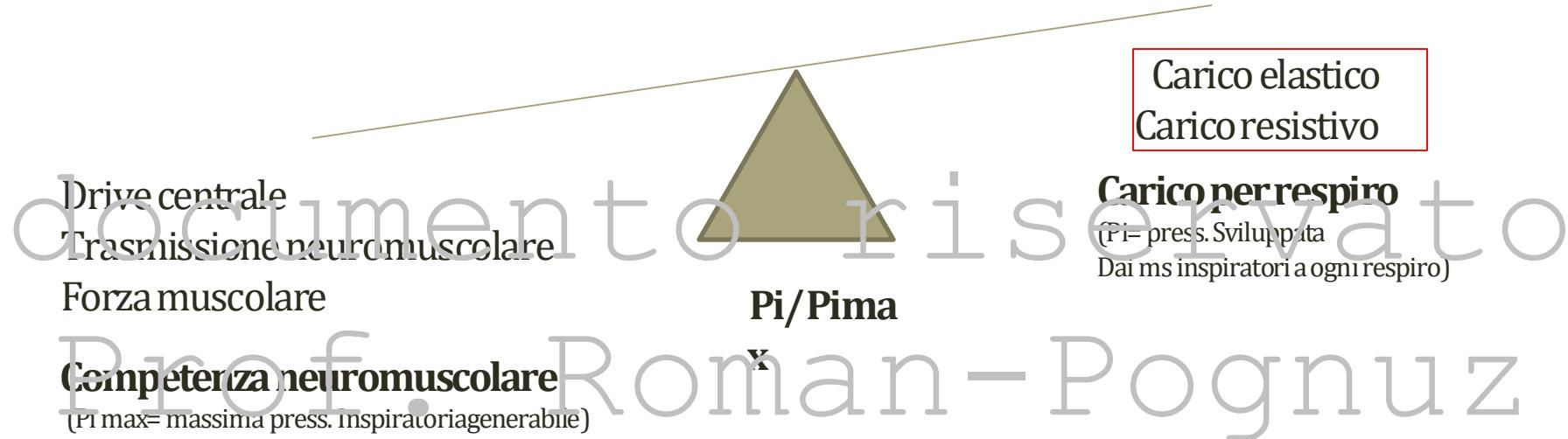


**Il ventilatore sostituisce  
totalmente o  
parzialmente la  
funzione muscolare**

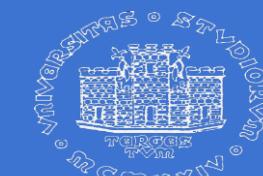
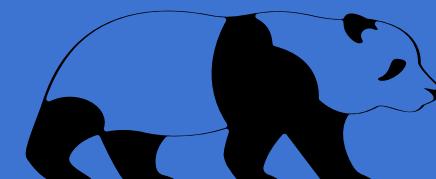
docum~~parzialmente~~nto riservato  
Prof. Roman Pognuzzi



**L'abilità a compiere un respiro spontaneo è determinata dalla bilancia tra carico imposto al sistema respiratorio e la competenza neuromuscolare della pompa ventilatoria.**



Se la competenza N M viene ridotta, la bilancia può pesare in favore del carico, rendendo la pompa ventilatoria insufficiente per insufflare i polmoni.



# FATICA RESPIRATORIA

La **fatica respiratoria** è l'**incapacità dei muscoli respiratori** di continuare a generare una **pressione sufficiente** a mantenere una **ventilazione alveolare (V'A)** adeguata.

## Meccanismo fisiopatologico

- Si manifesta quando **l'apporto energetico diventa insufficiente** a sostenere la richiesta ventilatoria.
- Clinicamente si traduce in una **incapacità a mantenere un respiro spontaneo prolungato**.
- È espressione di **equilibrio tra domanda e capacità dei muscoli respiratori**.

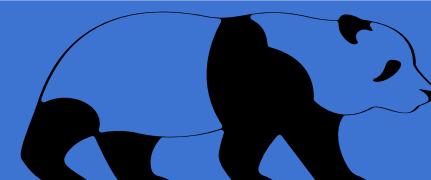
## Determinanti della spesa energetica

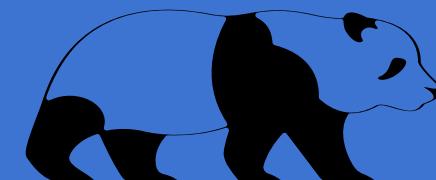
La **spesa energetica respiratoria** dipende da:

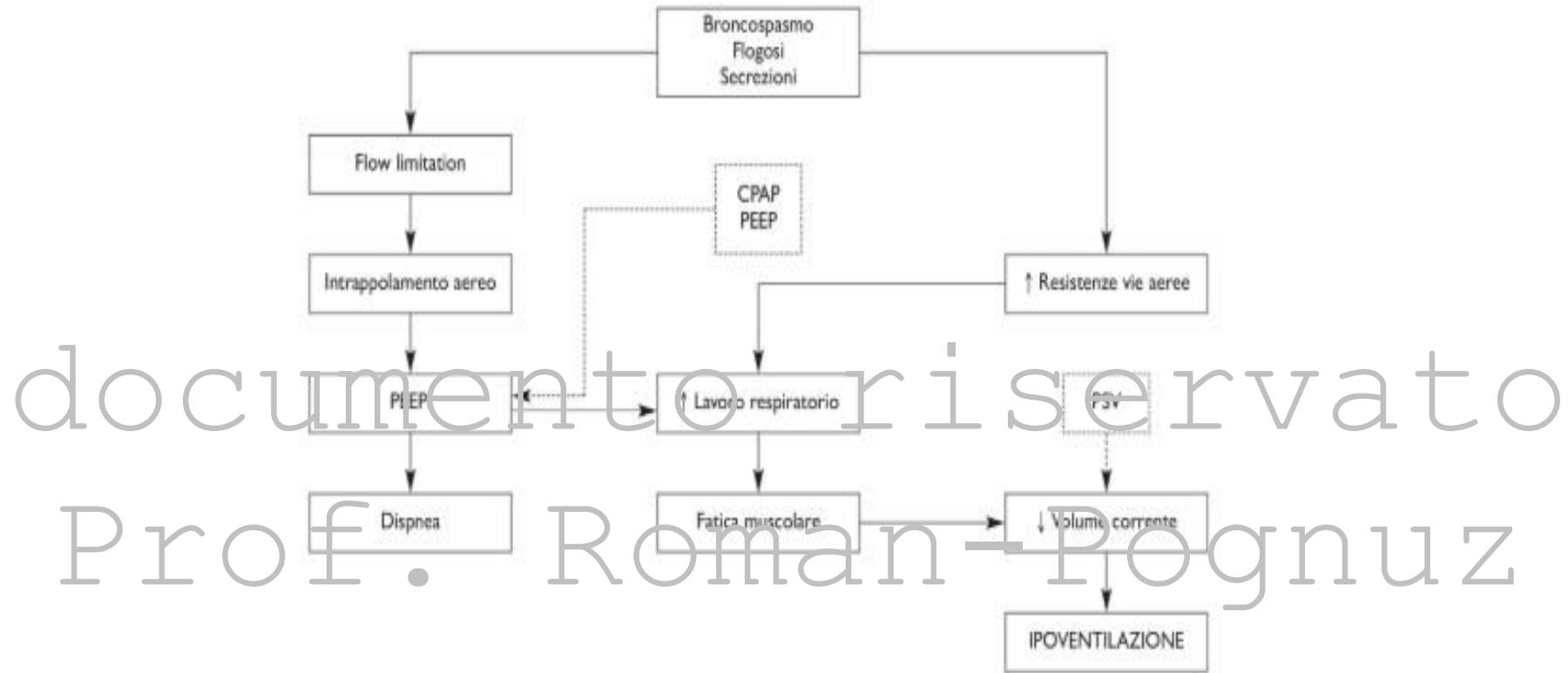
- Il **lavoro respiratorio** (resistenze delle vie aeree, compliance polmonare e toracica)
- La **forza** dei muscoli inspiratori
- L'**efficienza meccanica** dei muscoli respiratori

## Nota clinica:

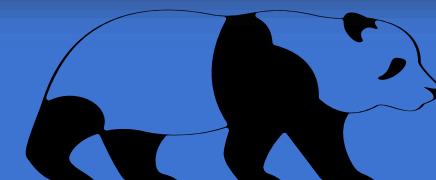
Il riconoscimento precoce dei segni di fatica (uso dei muscoli accessori, respiro paradosso, tachipnea, ipercapnia progressiva) è essenziale per **prevenire l'insufficienza respiratoria acuta** e l'indicazione alla **ventilazione meccanica**.







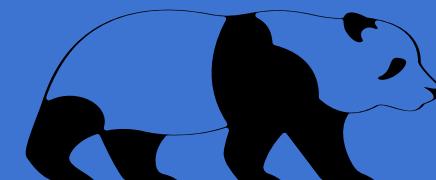
**Fig. 1 - Meccanismi implicati nella genesi dell'ipoventilazione alveolare nella riacutizzazione di BPCO, effetti favorevoli delle metodiche di ventilazione meccanica non invasiva.**



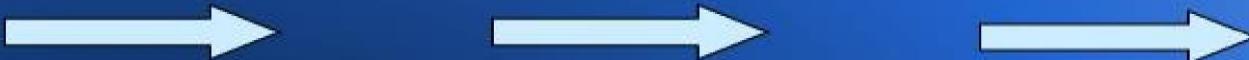
# PROGRESSIONE CLINICA DELL'IR



<b>pH</b> <b>Segni respiratori</b>	<b>7.30</b> Tachipnea	<b>7.25</b> Respiro superficiale >30 bpm
<b>Segni neurologici</b>	Rallentamento mentale, cefalea	Encefalopatia ipercapnica (turb. di coscienza)



## 2. PROGRESSIONE CLINICA DELL'IR



documento riservato  
Prof. Roman - Pognuz

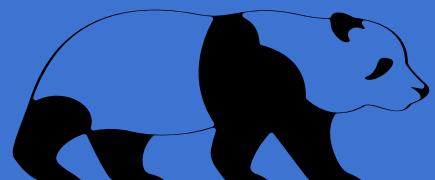
**pH**  
Segni respiratori  
Fatica muscoli  
respiratori (respiro  
precocoso, c  
alternante)

Segni neurologici

7.15  
Encefalopatia  
ipercapnica (turbie di  
coscienza, e  
motorie)

7.10  
Bradipnea

Stupor, coma



# IPERCAPNIA

## Definizione

L'ipercapnia è l'aumento della pressione parziale di anidride carbonica ( $\text{PaCO}_2$ ) nel sangue arterioso, conseguente a una **funzione ventilatoria inadeguata**.

## Cause principali

### 1. Ridotta attività dei centri del respiro

1. Depressione del drive respiratorio (farmaci, encefalopatie, ipossia cronica)

### 2. Alterazioni della meccanica ventilatoria

1. Aumento delle resistenze delle vie aeree (BPCO, asma)

2. Riduzione della compliance toracopolmonare (fibrosi, obesità, cifoscoliosi)

### 3. Debolezza e/o fatica dei muscoli respiratori

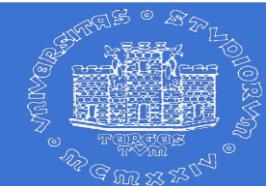
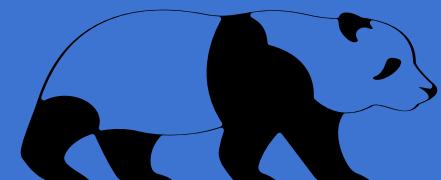
1. Esaurimento energetico

2. Patologie neuromuscolari

3. Fatica ventilatoria acuta

## Nota clinica:

L'ipercapnia rappresenta un **segno precoce di insufficienza ventilatoria** e richiede un **intervento tempestivo** per ripristinare un'adeguata eliminazione di  $\text{CO}_2$ .



# CICLO RESPIRATORIO MECCANICO

## Fasi principali

Il ciclo respiratorio meccanico si articola in quattro fasi:

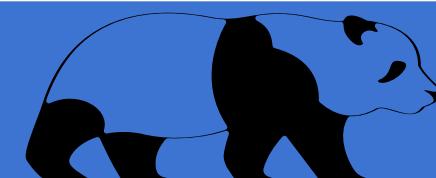
1. **Inspirazione**
2. **Passaggio dall'inspirazione all'espirazione (ciclaggio)**
3. **Espirazione**
4. **Passaggio dall'esprirazione all'inspirazione successiva**

### Avvio della fase inspiratoria

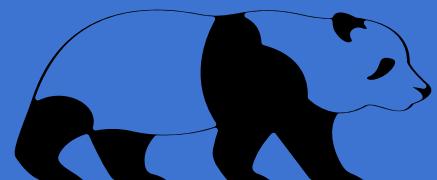
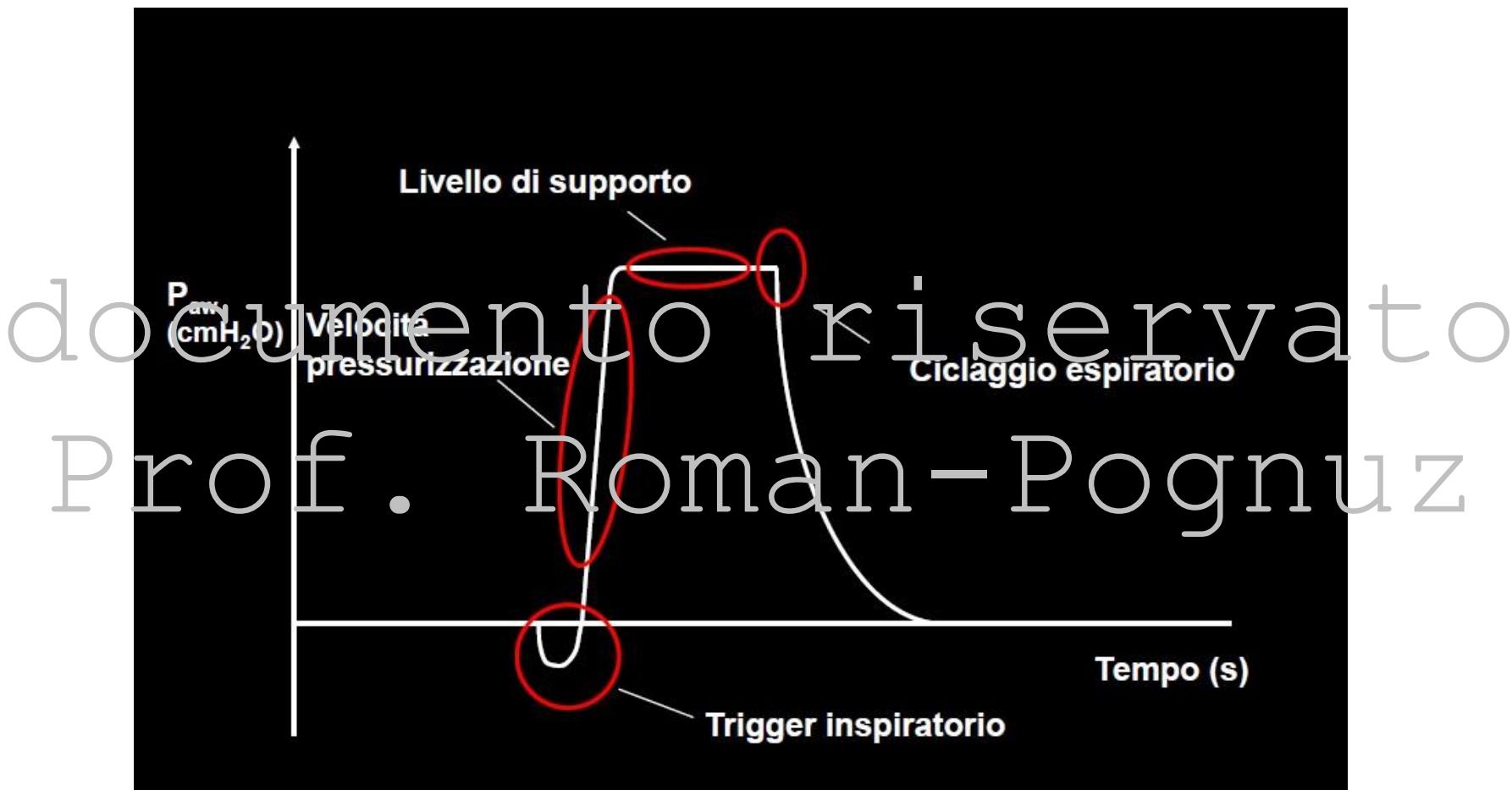
- La fase inspiratoria può essere **attivata dal ventilatore** (*controllo temporale*) oppure **dal paziente stesso**, tramite un **segnale di richiesta (trigger)**
- Il **trigger** rappresenta lo **stimolo** che **avvia l'inspirazione** e può essere:
  - **Pressorio** → il ventilatore riconosce una **caduta di pressione** nelle vie aeree
  - **Di flusso** → il ventilatore rileva una **variazione del flusso inspiratorio**

### Nota tecnica:

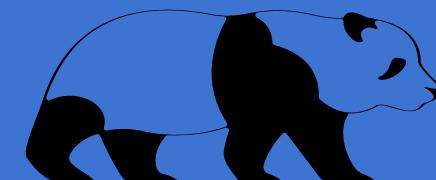
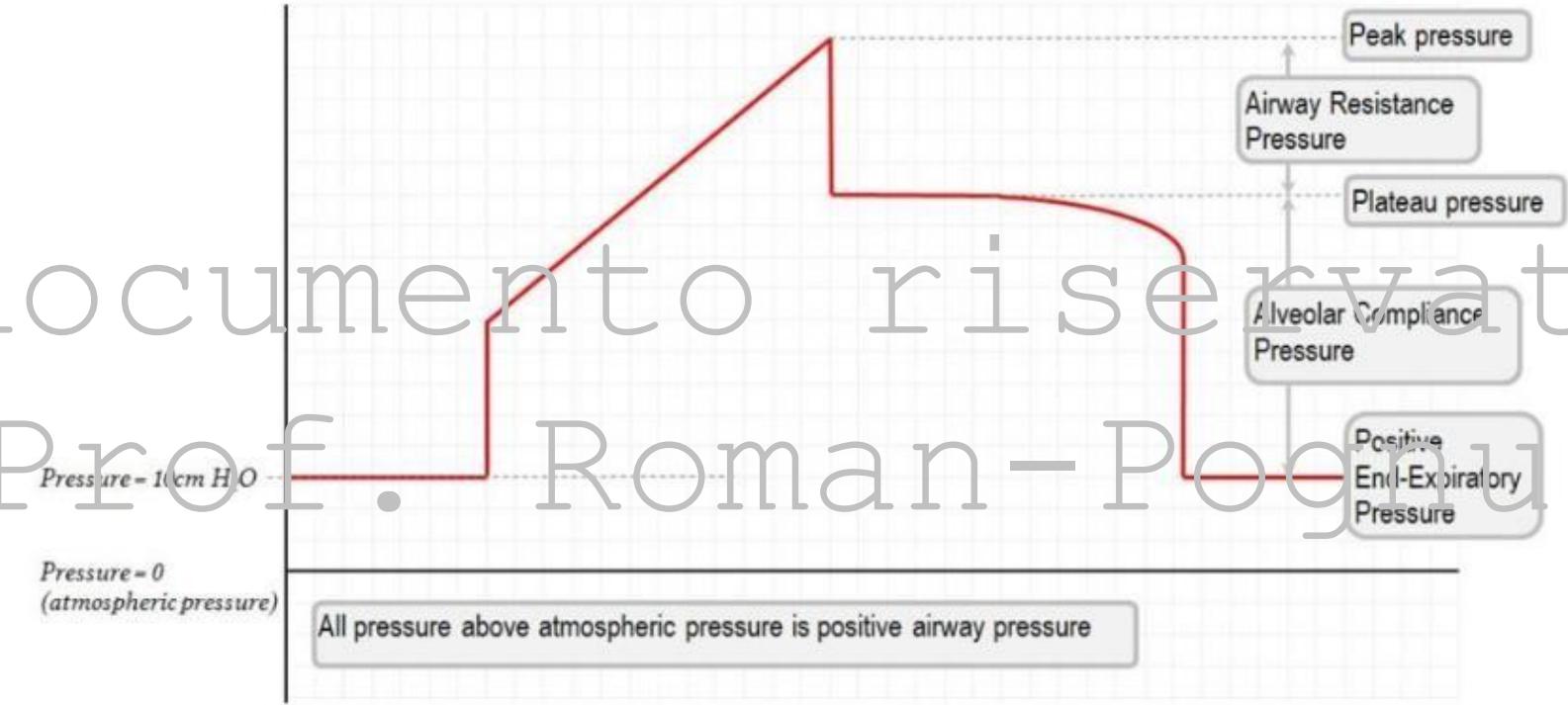
La corretta impostazione del **trigger** è fondamentale per garantire **sincronia paziente-ventilatore** e ridurre lo sforzo inspiratorio.



# CICLO RESPIRATORIO



documento riservato  
Prof. Roman - Pognuzzi

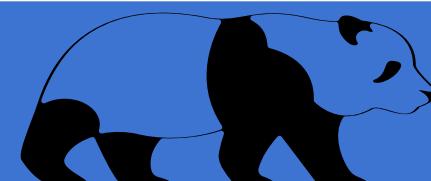


# ATTO RESPIRATORIO

- **Spontaneo:** il paziente genera e regola completamente il ciclo respiratorio.
- **Assistito:** il paziente avvia l'inspirazione (*trigger*), ma l'erogazione e la terminazione sono gestite dal ventilatore.
- **Controllato:** tutte le fasi del ciclo (*trigger*, limitazione, ciclaggio) sono imposte dal ventilatore, indipendentemente dallo sforzo del paziente.

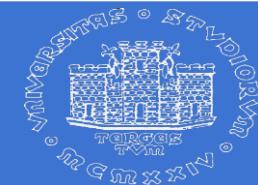
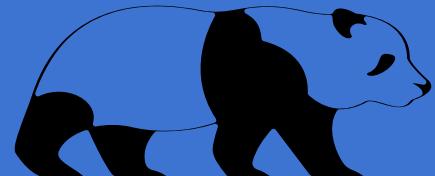
documento riservato  
Prof. Roman-Pognuzzi

Tipi di atto respiratorio	Trigger	Limitazione / Ciclaggio	Lavoro respiratorio
 Spontaneo	Paziente	Paziente	Interamente a carico del paziente
 Assistito	Paziente	Ventilatore	Condiviso tra paziente e ventilatore, in proporzione variabile
 Controllato (Mandatorio)	Ventilatore	Ventilatore	Interamente a carico del ventilatore



# Non-Invasive Ventilation (NIV)

documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz



# DEFINIZIONE – VENTILAZIONE MECCANICA ARTIFICIALE

La **ventilazione meccanica artificiale (VMA)** è un **sistema di supporto alla funzione respiratoria** che, mediante specifiche **apparecchiature (ventilatori)**, **sostituisce o integra la respirazione spontanea** nei pazienti in cui questa risulti:

- **Alterata o compromessa** (insufficienza respiratoria acuta o cronica)
- **Artificialmente inibita** (come durante l'anestesia generale)

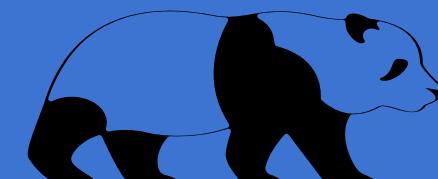
## Obiettivi fisiopatologici

### 1. Nell'insufficienza di pompa respiratoria

1. Corregge l'**ipoventilazione alveolare** sostituendo o integrando la **funzione dei muscoli respiratori**
2. Determina un **aumento del volume corrente (V<sub>t</sub>)** e quindi della **ventilazione minuto (V<sub>M</sub>)**

### 2. Nell'insufficienza di parenchima polmonare

1. Contribuisce a **riespandere le aree alveolari mal ventilate**
2. **Aumenta la capacità funzionale residua (CFR)**
3. **Migliora l'ossigenazione arteriosa**



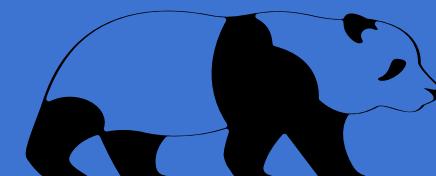
# OBIETTIVI DELLA VENTILAZIONE MECCANICA

## Principali finalità cliniche

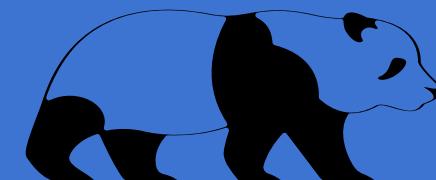
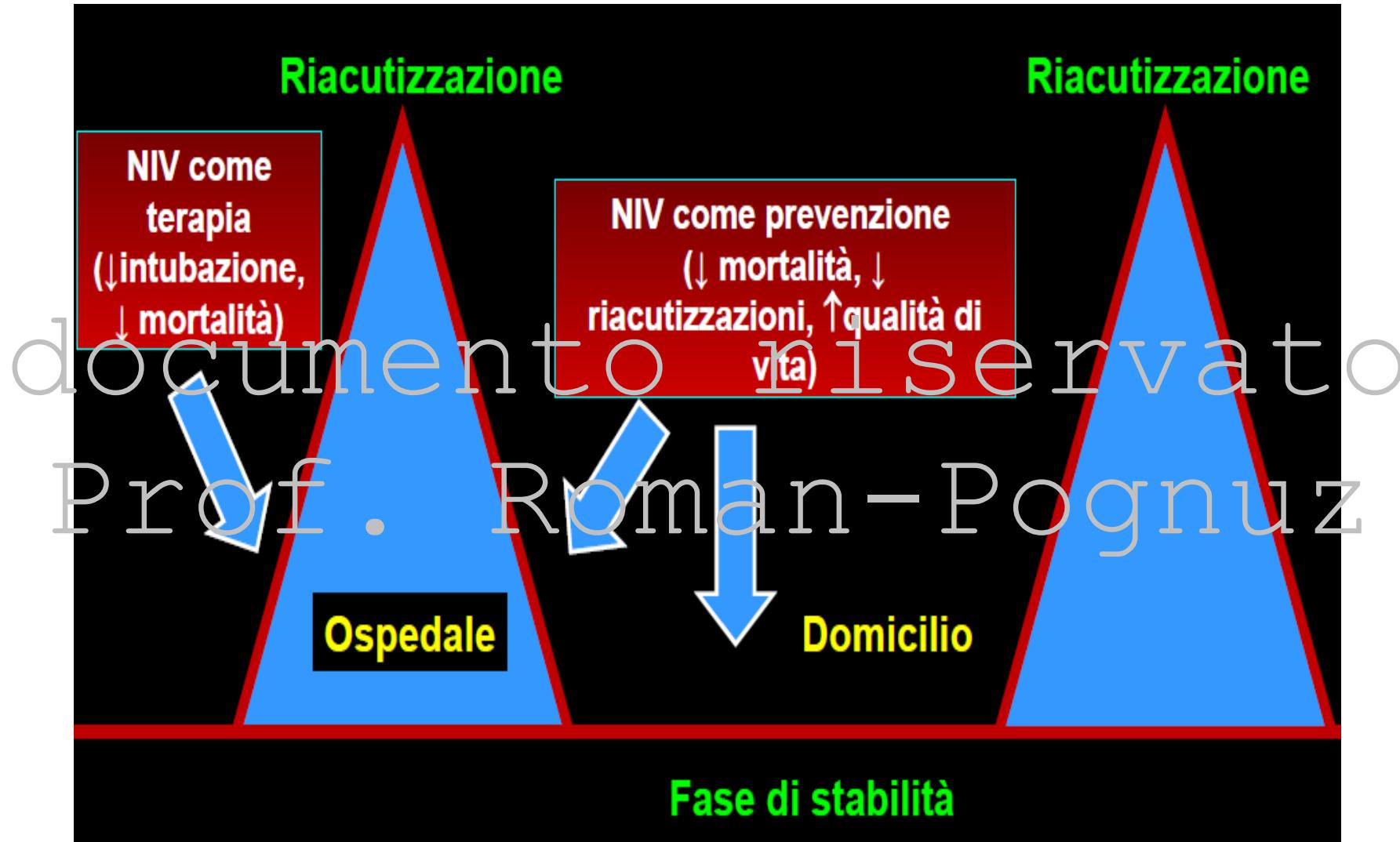
- **Mettere a riposo i muscoli respiratori** → riduzione del lavoro ventilatorio e prevenzione della fatica
- **Migliorare gli scambi gassosi** e ristabilire un equilibrio acido-base (**pH > 7.35**)
- **Controllare l'acidosi respiratoria** attraverso l'aumento della ventilazione alveolare
- **Prevenire le atelettasie polmonari** mantenendo una ventilazione omogenea e una corretta PEEP

## Benefici clinici e prognostici

- **Ritardare e ottimizzare il timing della tracheostomia**
- **Migliorare la qualità della vita** del paziente in fase acuta o cronica
- **Ridurre i giorni di degenza** in terapia intensiva
- **Diminuire la mortalità a breve e lungo termine** → **incremento della sopravvivenza complessiva**



# FINESTRE TEMPORALI PER LANIV NELLA BPCO



# INDICAZIONI ALLANIV

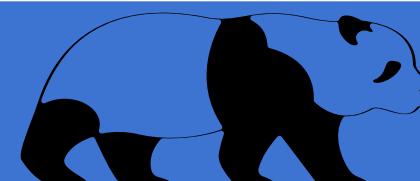
## Criteri clinici e funzionali principali

- **Ipercapnia diurna:**  
→  $\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mmHg}$  persistente nonostante trattamento ottimale
- **Riduzione della forza muscolare respiratoria:**  
→ Capacità vitale (VC) < 50% del valore teorico *oppure*  
→ Pressione inspiratoria massima (MIP) < 30 cmH<sub>2</sub>O
- **Sintomi di ipoventilazione notturna:**  
→ **Ortopnea**, sonnolenza diurna, cefalea mattutina, risvegli frequenti, sonno non ristoratore

documentario riservato  
Prof. Roman-Pognuzzi

## Obiettivi della NIV

- **Correggere l'ipoventilazione alveolare** e ridurre la  $\text{PaCO}_2$
- **Migliorare gli scambi gassosi** e la qualità del sonno
- **Ridurre il carico dei muscoli respiratori**
- **Prevenire l'insufficienza respiratoria acuta** e la necessità di intubazione

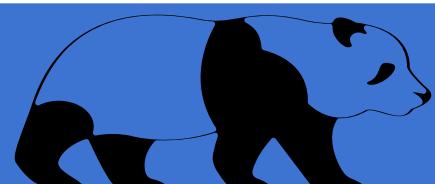


# CRITERI PER INIZIARE LA NIV

## ◆ MISURE OGGETTIVE

Indicatori quantitativi di insufficienza respiratoria acuta o fallimento della ventilazione spontanea:

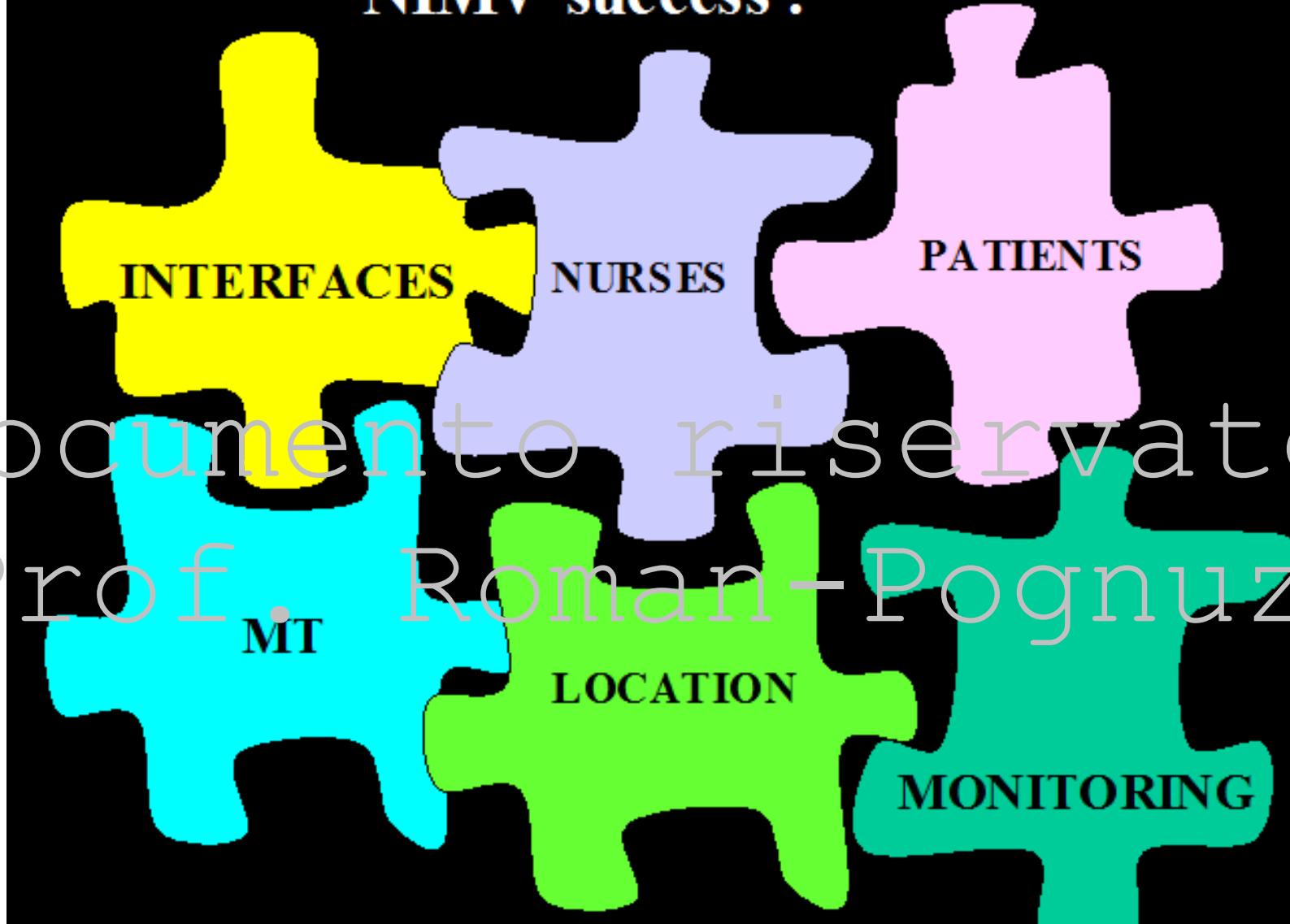
Parametro	Valore critico	Significato clinico
PaO <sub>2</sub>	< 55 mmHg (con FiO <sub>2</sub> > 40%)	Ipo-ossigenazione
SatO <sub>2</sub> pH arterioso	< 90% (con FiO <sub>2</sub> > 40%) < 7.30-7.35	Ridotta ossigenazione Acidosi respiratoria
FR Volume minuto (VE)	> 35 atti/min o arresto respiratorio < 10 L/min	Fatica ventilatoria Ipo-ventilazione
f/Vt	> 105	Inefficacia respiratoria (indice di Tobin)
Capacità vitale (VC)	< 10 mL/kg	Ridotta riserva ventilatoria
Volume corrente (Vt)	< 0.3 L	Inefficace ventilazione alveolare



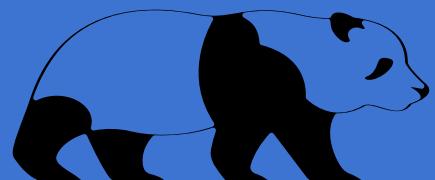
NIMV success !

documento riservato

Prof. Roman-Pognuoz



1



ERC 22

# TECNICHE DI VENTILAZIONE MECCANICA

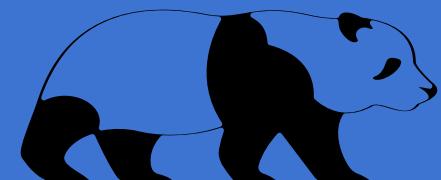
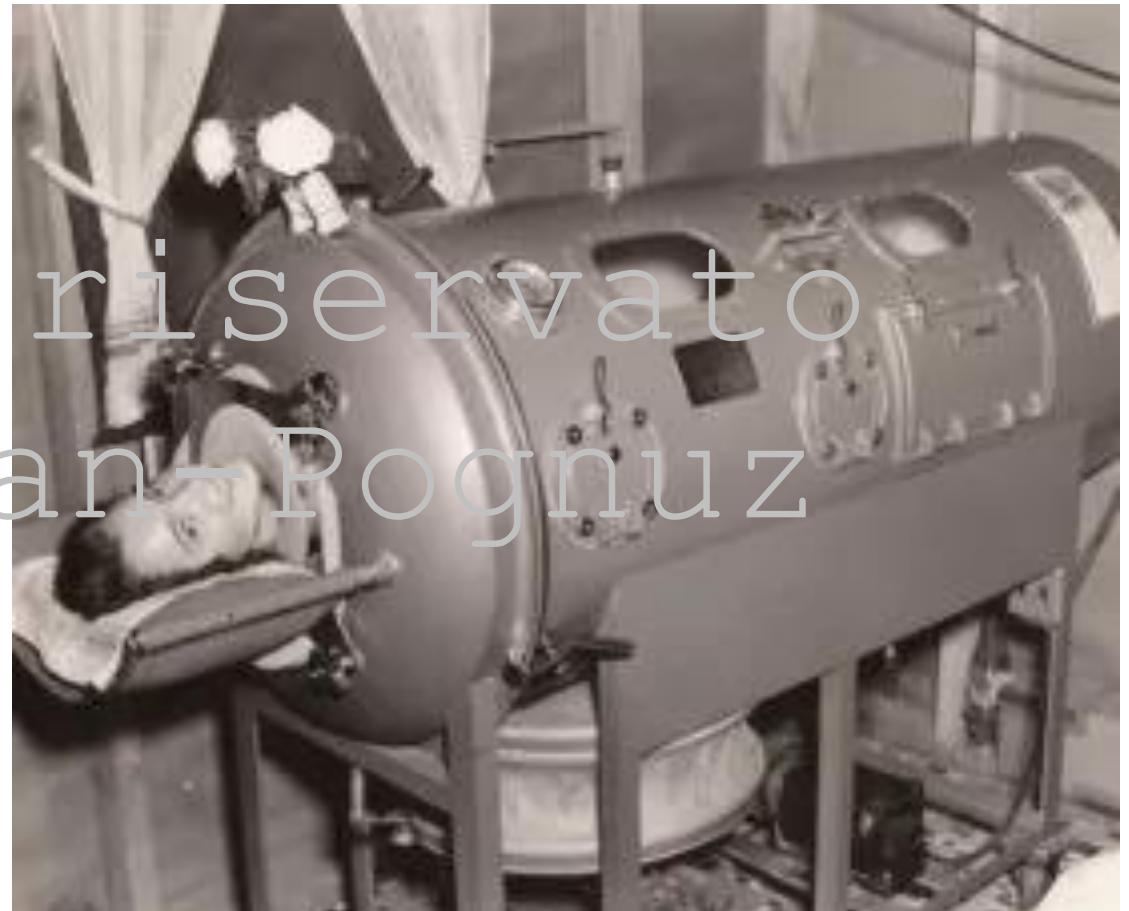
- ◆ 1 Ventilazione a pressione negativa esterna (ENPV)

Esempio classico: “polmone d'acciaio”

Il paziente è racchiuso in una camera a pressione negativa che determina l'espansione passiva del torace durante l'inspirazione e il suo ritorno elastico durante l'espirazione.

Simula la fisiologia della respirazione spontanea.

Oggi utilizzata solo in casi selezionati (patologie neuromuscolari o riabilitazione respiratoria).



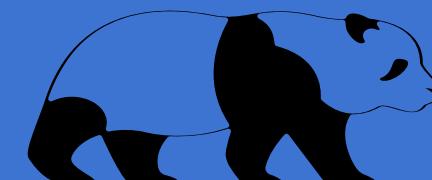
# TECNICHE DI VENTILAZIONE MECCANICA

## ◆ 2 Ventilazione a pressione positiva (NPPV)

L'aria (miscela aria/O<sub>2</sub>) viene **spinta attivamente nelle vie aeree** mediante una **pressione positiva** generata dal ventilatore.

**Principali modalità:**

- **CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)**  
→ Pressione positiva continua in tutto il ciclo respiratorio
- **BiLevel o BiPAP (Bilevel Positive Airway Pressure)**  
→ Due livelli di pressione: inspiratoria (IPAP) ed espiratoria (EPAP)
- **PSV (Pressure Support Ventilation)**  
→ Supporto pressorio a ogni atto inspiratorio spontaneo
- **SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation)**  
→ Cicli controllati alternati a respiri spontanei sincronizzati



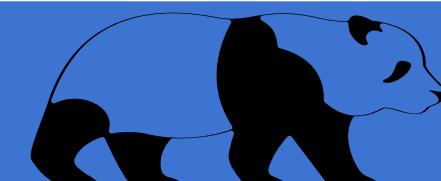
# VENTILAZIONE A PRESSIONE POSITIVA

## VENTILAZIONE A PRESSIONE POSITIVA

### Modalità di controllo

Modalità	Parametro controllato	Caratteristiche principali	Limiti / Rischi
Pressometrica (Pressure-Controlled)	Pressione inspiratoria	<ul style="list-style-type: none"><li>- La pressione di insufflazione è predeterminata</li><li>- Il volume corrente (Vt) varia in base alla compliance e alla resistenza del sistema respiratorio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vt non costante</li><li>- Necessario monitoraggio continuo dei volumi</li></ul>
Volumetrica (Volume-Controlled)	Volume corrente e flusso	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sono predeterminati volume, flusso e tempo inspiratorio</li><li>- Garantisce ventilazione minuto stabile</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rischio di barotrauma se la compliance è ridotta</li><li>- Pressioni potenzialmente elevate</li></ul>

documento riservato  
Prof. Roman-Pognuza



## VENTILAZIONE A PRESSIONE POSITIVA

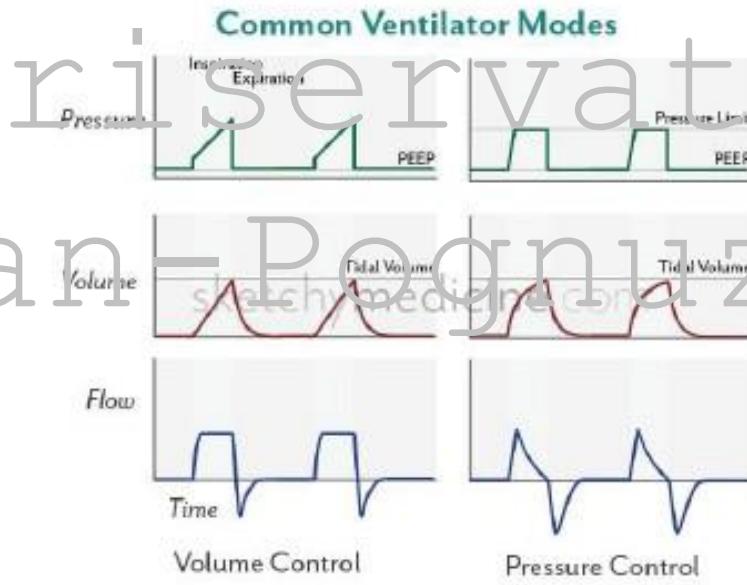


La ventilazione è classificata in base a  
come termina la fase inspiratoria

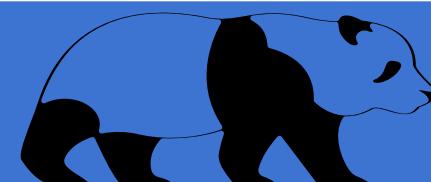
Prof. Roman Podguz

1- pressumetrica

2- volumetrica



# QUALE MODALITÀ?



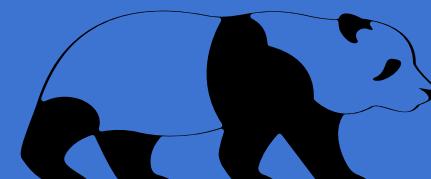
# PARAMETRI DELLA VENTILAZIONE MECCANICA

## 1 Pressioni

- **IPAP / PSV (Inspiratory Positive Airway Pressure / Pressure Support Ventilation):** livello di **pressione positiva in inspirazione**, che determina l'entità del supporto ventilatorio e del volume corrente.
- **EPAP / PEEP (Expiratory Positive End-Expiratory Pressure):** pressione positiva mantenuta durante l'espirazione, utile per **prevenire il collasso alveolare**, migliorare la **ossigenazione** e ridurre lo **shunt intrapolmonare**.

## 2 Volume corrente (Vt)

- Quantità di gas **insufflata a ogni atto respiratorio**.
- Valore ottimale: **8-12 mL/kg** di peso corporeo ideale.
- Un **Vt eccessivo** può determinare **barotrauma o volutrauma**, soprattutto in presenza di ridotta compliance polmonare.



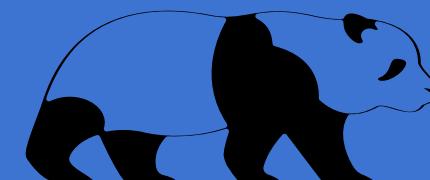
# PARAMETRI DELLA VENTILAZIONE MECCANICA

## 3 Frequenza respiratoria (FR)

- Numero di atti respiratori al minuto.
- Nella **BPCO** il range ottimale è **12–16 atti/min**, per consentire un **tempo espiratorio adeguato** e ridurre la **trappola d'aria (auto-PEEP)**.

## 4 Volume minuto (VE)

- $VE = FR \times Vt$
- Rappresenta la **ventilazione totale per minuto**
- Parametro chiave per valutare l'efficacia globale della ventilazione meccanica e il bilancio tra richiesta metabolica e scambio gassoso.



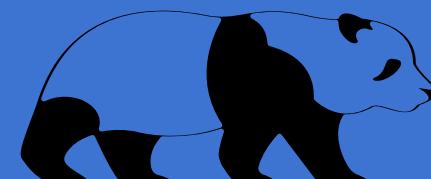
# PARAMETRI DELLA VENTILAZIONE MECCANICA

## Rapporto Ti/Te

- Indica il **rapporto tra la durata dell'inspirazione (Ti) e quella dell'espirazione (Te)**.
- Valore fisiologico medio: **1 : 3**
- Un **aumento di Ti** → migliora l'ossigenazione ma può ridurre il tempo espiratorio, favorendo **auto-PEEP** (importante nei pazienti BPCO).
- Un **aumento di Te** → facilita lo svuotamento polmonare ma può ridurre la ventilazione alveolare.

## FiO<sub>2</sub> (Fraction of Inspired Oxygen)

- È la **frazione inspirata di ossigeno** nella miscela gassosa erogata dal ventilatore.
- Regolabile dal **21%** (aria ambiente) al **100%** (ossigeno puro).
- Obiettivo clinico: **mantenere SpO<sub>2</sub> 94–98%** (o 88–92% nei pazienti con rischio di ipercapnia).



# PARAMETRI DELLA VENTILAZIONE MECCANICA

## Trigger inspiratorio

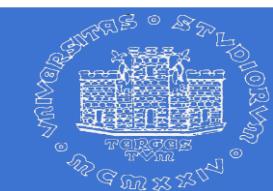
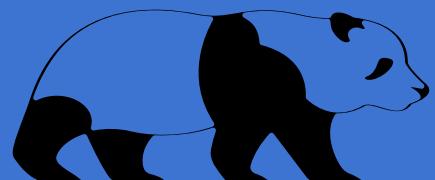
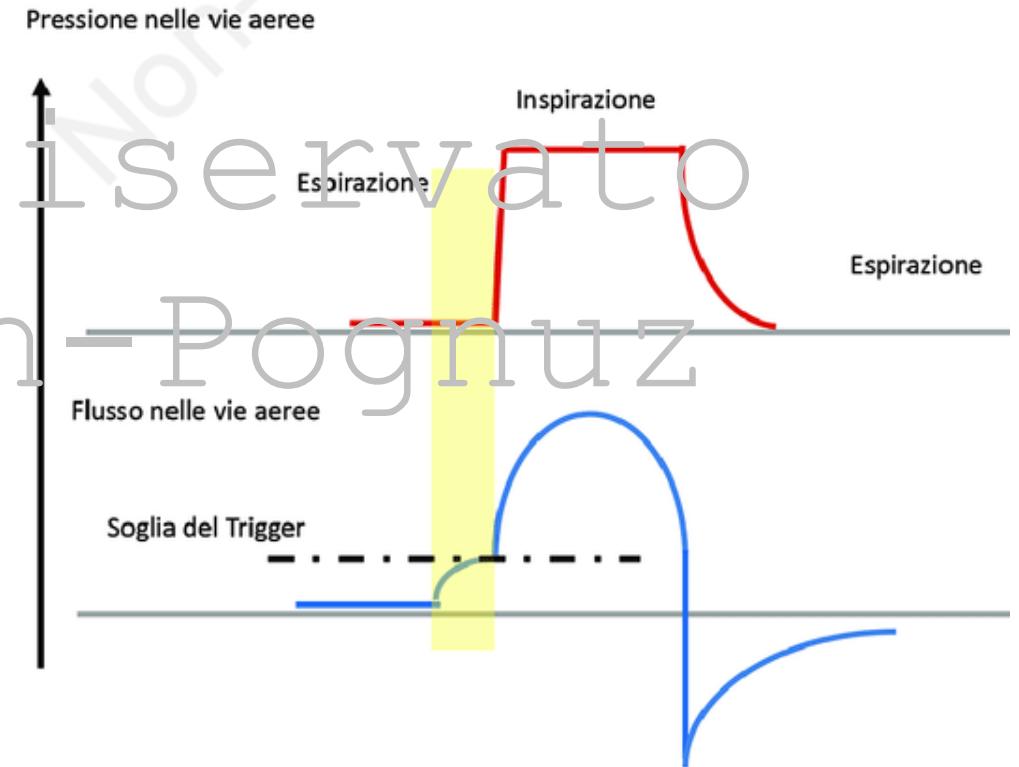
Funzione che consente al paziente di avviare l'inspirazione durante le modalità assistite o supportate. Il ventilatore riconosce uno stimolo (trigger) generato dal paziente e attiva l'erogazione di pressione o flusso.

Tipi principali:

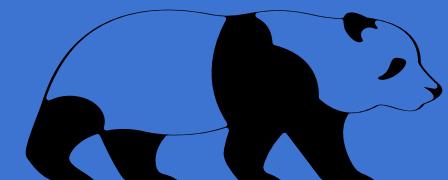
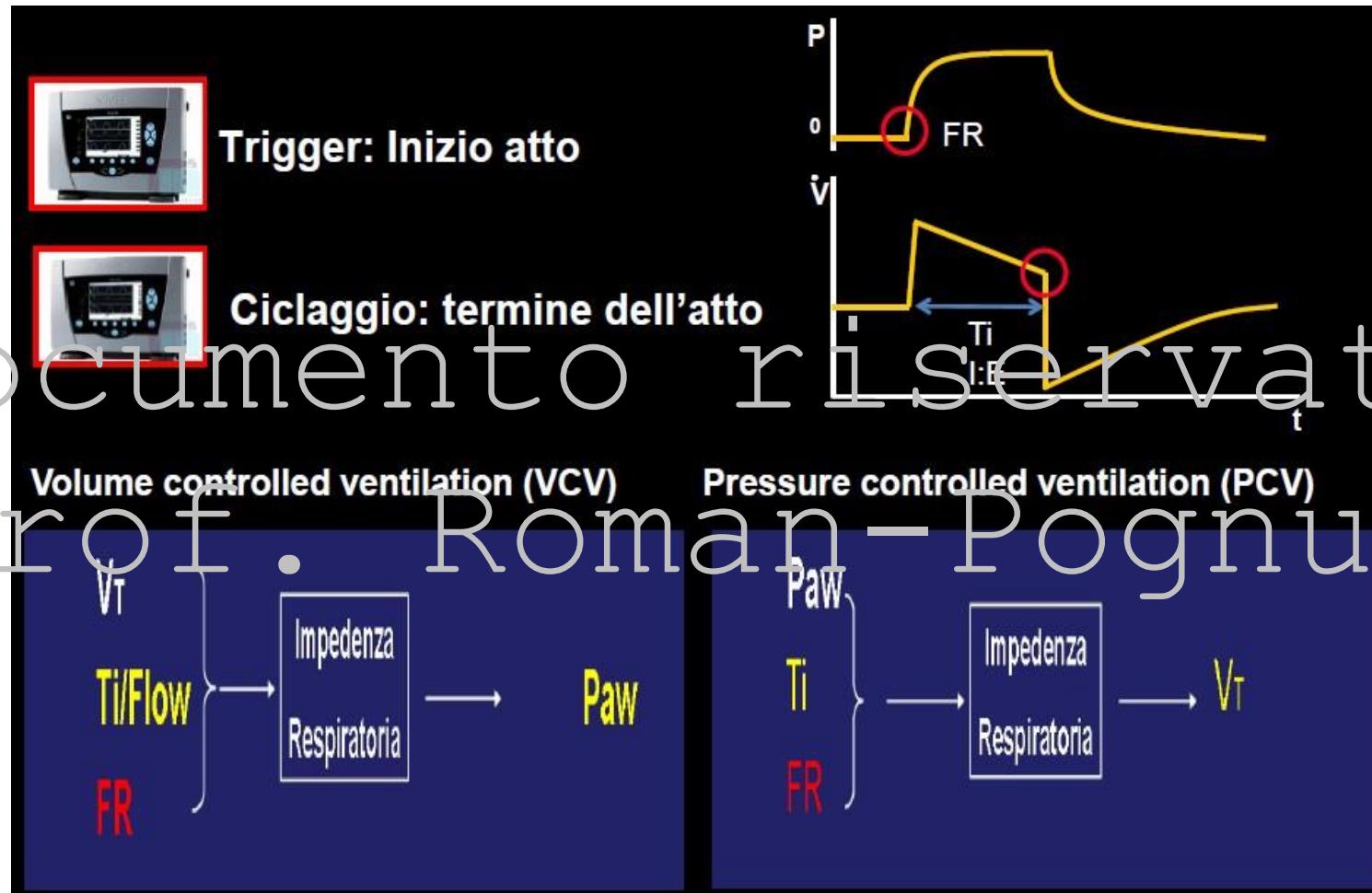
Trigger pressorio → rileva una caduta di pressione nelle vie aeree

Trigger di flusso → riconosce una variazione del flusso inspiratorio

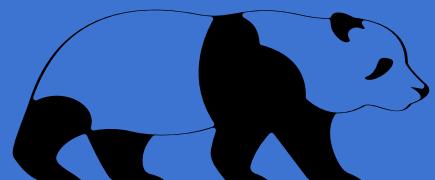
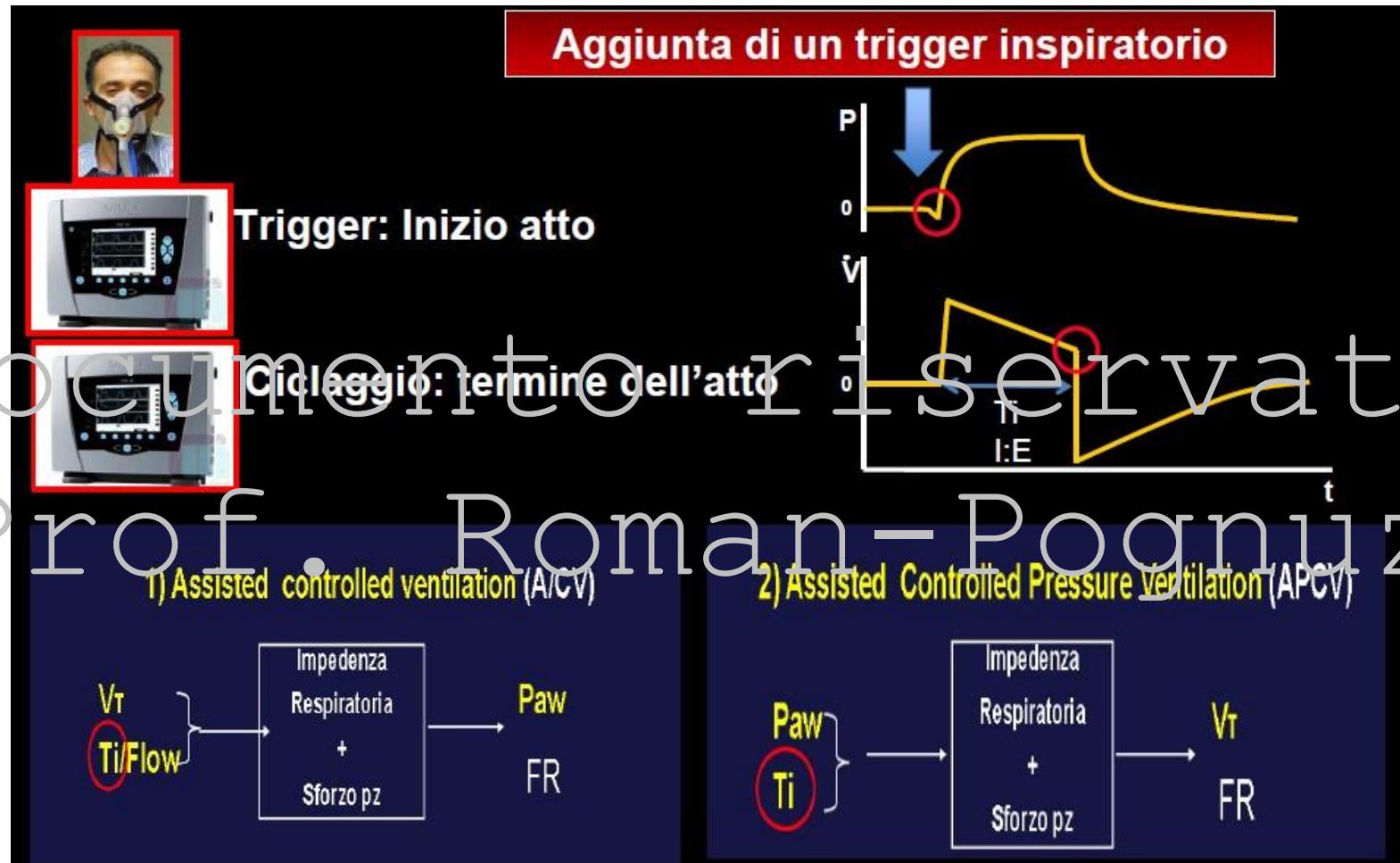
Migliora la sincronia paziente-ventilatore e riduce il lavoro respiratorio.



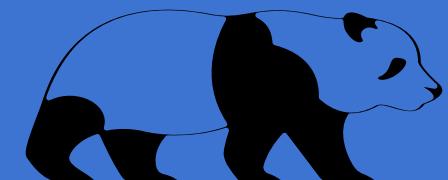
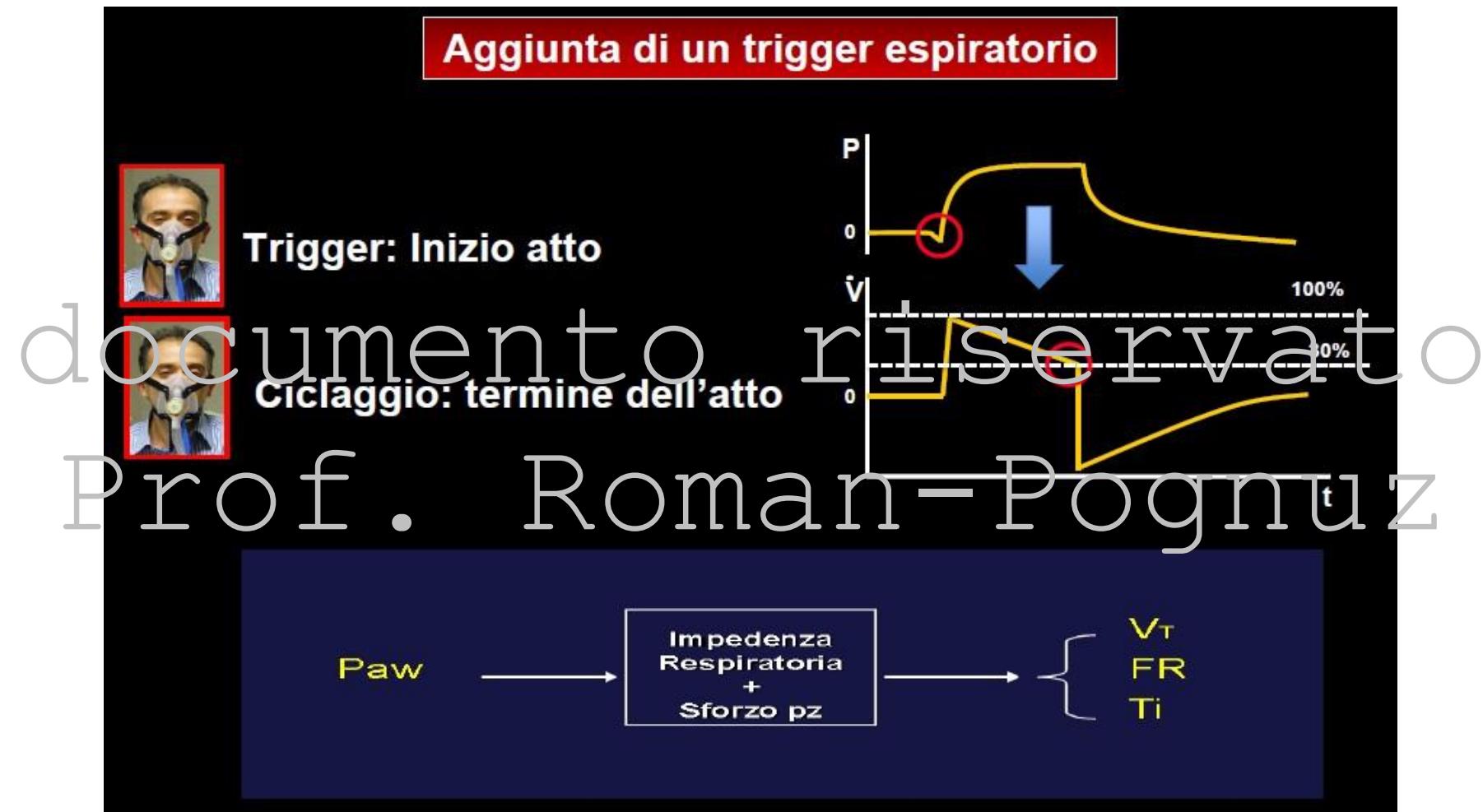
# VENTILAZIONE CONTROLLATA



# VENTILAZIONE ASSISTITA- CONTROLLATA



# PRESSURE SUPPORT VENTILATION



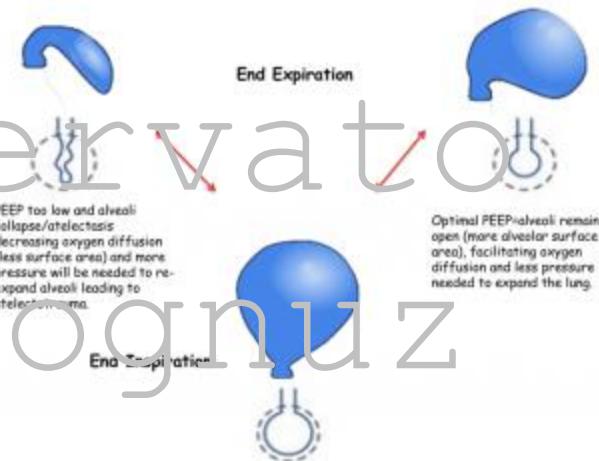
# PEEP – *Positive End-Expiratory Pressure*

## ◆ Definizione

La **PEEP** consiste nell'applicazione di una **pressione positiva costante** nelle vie aeree **alla fine dell'espirazione**, tale che la pressione **non ritorni mai a zero** rispetto alla linea di base atmosferica.

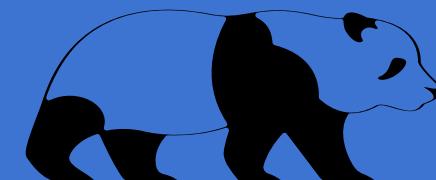
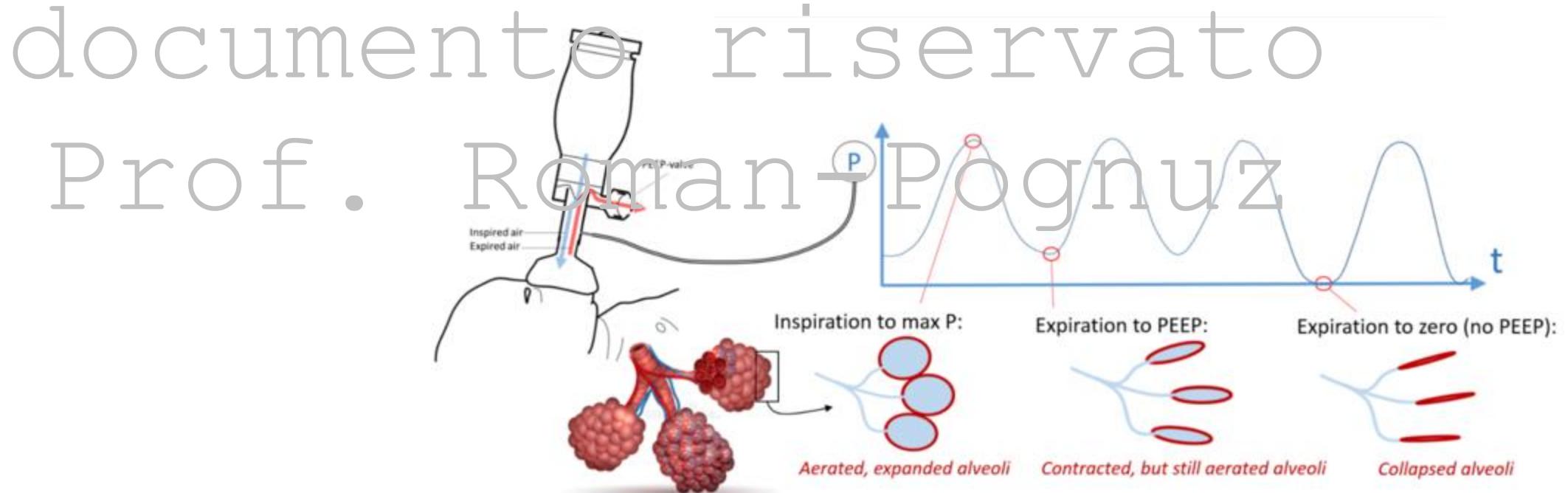
## ◆ Funzione fisiologica

- Mantiene gli **alveoli pervi** al termine dell'espirazione
- **Previene il collasso alveolare** e riduce lo *shunt intrapulmonare*
- **Aumenta la capacità funzionale residua (CFR)**
- **Migliora l'ossigenazione arteriosa** riducendo l'atelettasia dipendente

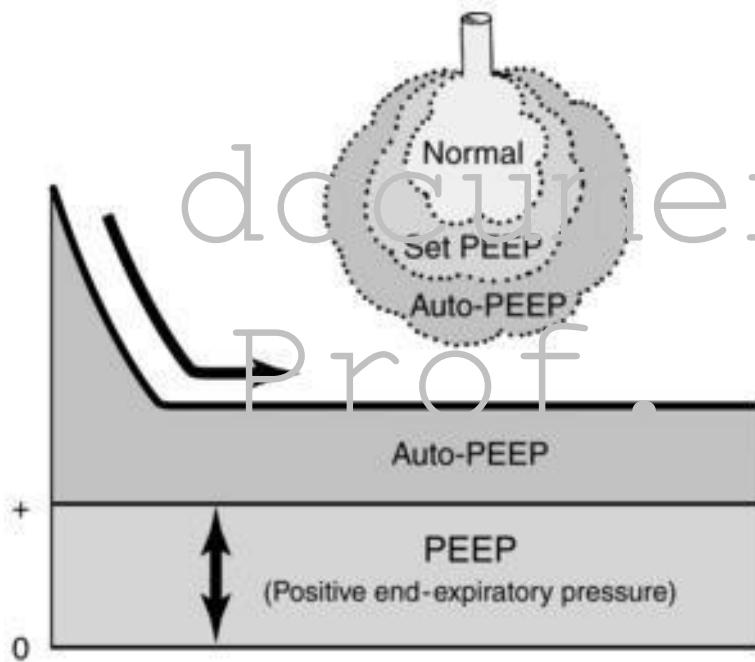


# PEEP vs CPAP

- Quando la stessa pressione positiva viene applicata a un paziente in respiro spontaneo per tutto il ciclo respiratorio, si definisce **CPAP** (*Continuous Positive Airway Pressure*).
- Nella ventilazione meccanica controllata, la **PEEP** agisce **solo nella fase espiratoria**.



# PEEP e AUTO-PEEP

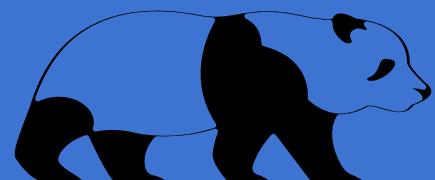


- ◆ **PEEP (Positive End-Expiratory Pressure)**
  - **Applicazione intenzionale** di una **pressione positiva costante** al termine dell'espirazione.
  - Impostata dal ventilatore per:
  - **Mantenere gli alveoli aperti**
  - **Prevenire l'atelettasia**
  - **Migliorare l'ossigenazione e la compliance polmonare**

- ◆ **AUTO-PEEP (Intrinsic PEEP o PEEP dinamica)**
  - **Pressione positiva non intenzionale**, che si accumula nei polmoni a causa di un **tempo espiratorio insufficiente**.

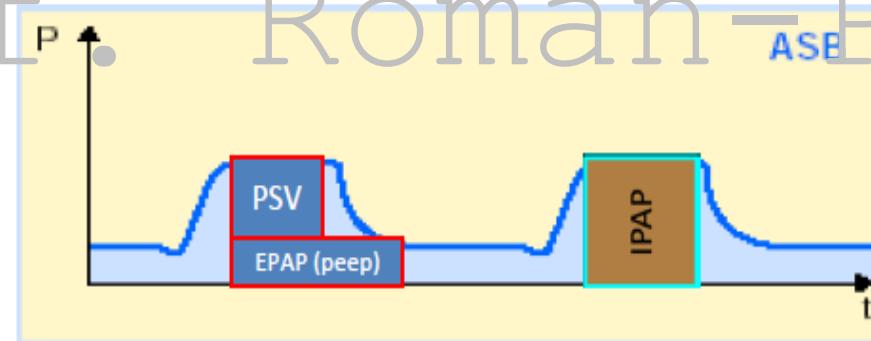
Le cause più comuni includono:

- Frequenza respiratoria elevata o **ti/te invertito**
- **Espirazione incompleta** per ostruzione bronchiale (es. **broncospasmo, BPCO**)
- **Elevati livelli di ventilazione minuto**

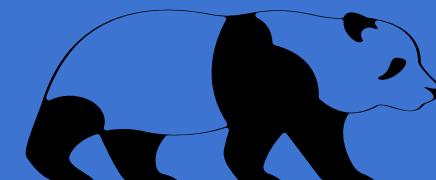


# BiPAP

- Ventilazione eseguita su 2 livelli di pressione positiva
- Se alla PEEP si aggiunge una PSV, otteniamo una BiLevel Ventilation
- viene erogata da un ventilatore BiLevel, utilizzando:
  - IPAP (Inspiratory Positive Airways Pressure) per intendere il valore pari a PSV+PEEP
  - EPAP (Expiratory Positive Airways Pressure) per intendere il valore pari alla PEEP



documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz



# NIPPV vs CPAP

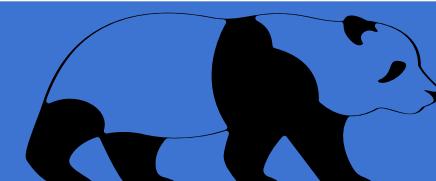
## ◆ NIPPV - *Non Invasive Positive Pressure Ventilation*

(Ventilazione non invasiva a pressione positiva bifasica)

- **Riduce il lavoro dei muscoli respiratori** grazie al supporto inspiratorio (IPAP).
- **Più efficace nel correggere l'ipercapnia e normalizzare il pH** in presenza di acidosi respiratoria.
- Richiede una buona **sincronia paziente-ventilatore**: il paziente deve essere collaborante.
- Necessita di **monitoraggio clinico ed emodinamico accurato**, poiché le **pressioni intratoraciche più elevate** possono ridurre il ritorno venoso.
- Modalità principali: **BiPAP / PSV + PEEP**.

## ◆ CPAP - *Continuous Positive Airway Pressure*

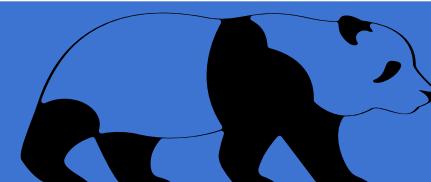
- Applica una **pressione positiva costante** durante tutto il ciclo respiratorio.
- Non fornisce un vero supporto inspiratorio → **non riduce significativamente la PaCO<sub>2</sub>**.
- Migliora prevalentemente l'**ossigenazione** (reclutamento alveolare).
- Richiede **minore coordinazione** e un **monitoraggio più semplice**.
- Indicata soprattutto in **ipossiemia senza acidosi**, ad esempio nell'**edema polmonare acuto cardiogeno**



# NIPPV vs CPAP

- In sintesi

Caratteristica	NIPPV (BiPAP / PSV)	CPAP
Supporto inspiratorio	<input checked="" type="checkbox"/> Sì (IPAP)	<input checked="" type="checkbox"/> No
Correzione ipercapnia	<input checked="" type="checkbox"/> Efficace	<input checked="" type="checkbox"/> Limitata
Migliora ossigenazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sincronia richiesta	Alta	Bassa
Monitoraggio necessario	Maggiore	Minore
Indicazioni principali	BPCO, acidosi, ipoventilazione	EPA, ipossiemia pura



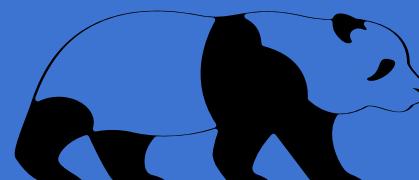
# PERDITE

LEGATE A:

- desaturazioni fasiche o toniche
- riduzione dei valori di pressurizzazione

documento riservato  
Contromisure possibili:

Prof. Roman - Pognuz  
**-mentoniera**  
**-maschera oronasale**  
**-umidificatore**  
**-allarme perdite**  
**-riduzione pressione**



# AUTOTRIGGER 1vent/opz

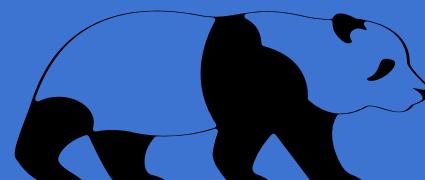
## CAUSE:

- Perdite
- Acqua nel circuito
- Oscillazioni cardiogeniche

## RIMEDI:

Prof. Roman - Pognuz

- Correggi perdite - elimina condensa
- Aumenta sensibilità del trigger
- Passa a trigger a pressione



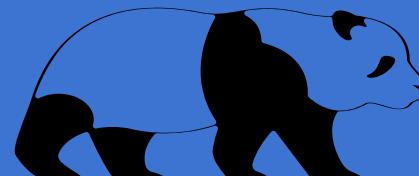
# SFORZI INEFFICACI 0 vent /1 paz

- perdite ( il ventilatore non sentela chiamata )
- debolezza muscolare
- alta PEEPi
- trigger inspiratorio troppo duro

- sedazione

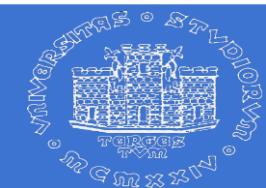
## RIMEDI:

- ❑ riduci sensibilità trigger
- ❑ modifica PEEP



Type	Correction
<b>Ineffective triggering</b> -weak inspiratory effort -High PEEPi (COPD)	Decrease trigger threshold Reduce sedation Reduce the potential for intrinsic PEEP (decrease $V_T$ , $V_E$ , increase $T_E$ )
<b>Delayed Cycling</b> -Low elastic recoil (emphysema) -High resistance (COPD)	Increase cycling criterion ( $E_{sens}$ ) Decrease $T_i$
<b>Auto-triggering</b> -cardiogenic oscillations or circuit leaks -absence of patient effort	Increase trigger threshold Switch from flow to pressure triggering Avoid hyperventilation
<b>Double-triggering</b> -high ventilatory demand, and -short ventilator inspiratory time (ACV more common than PSV)	Aim for ways to reduce ventilatory demand. Is $V_T$ too small? $T_i$ too short? Decrease cycling criterion ( $E_{sensitivity}$ )

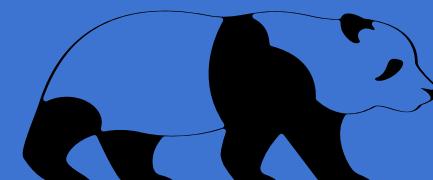
*Respir Care. 2011;56(1):61–72*



# VENTILATORI DOMICILIARI



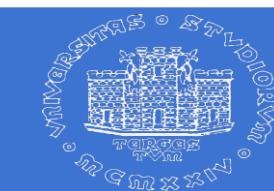
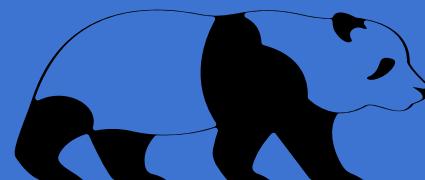
- ridotte modalità di ventilazione
- scarso sistema di monitoraggio
- sistema di allarmi ridotto
- assente miscelatore di ossigeno
- circuito ad unavia
- non necessari gas compressi



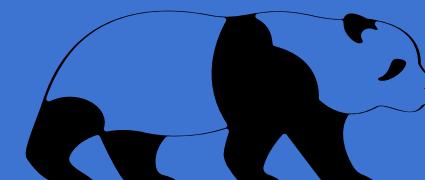
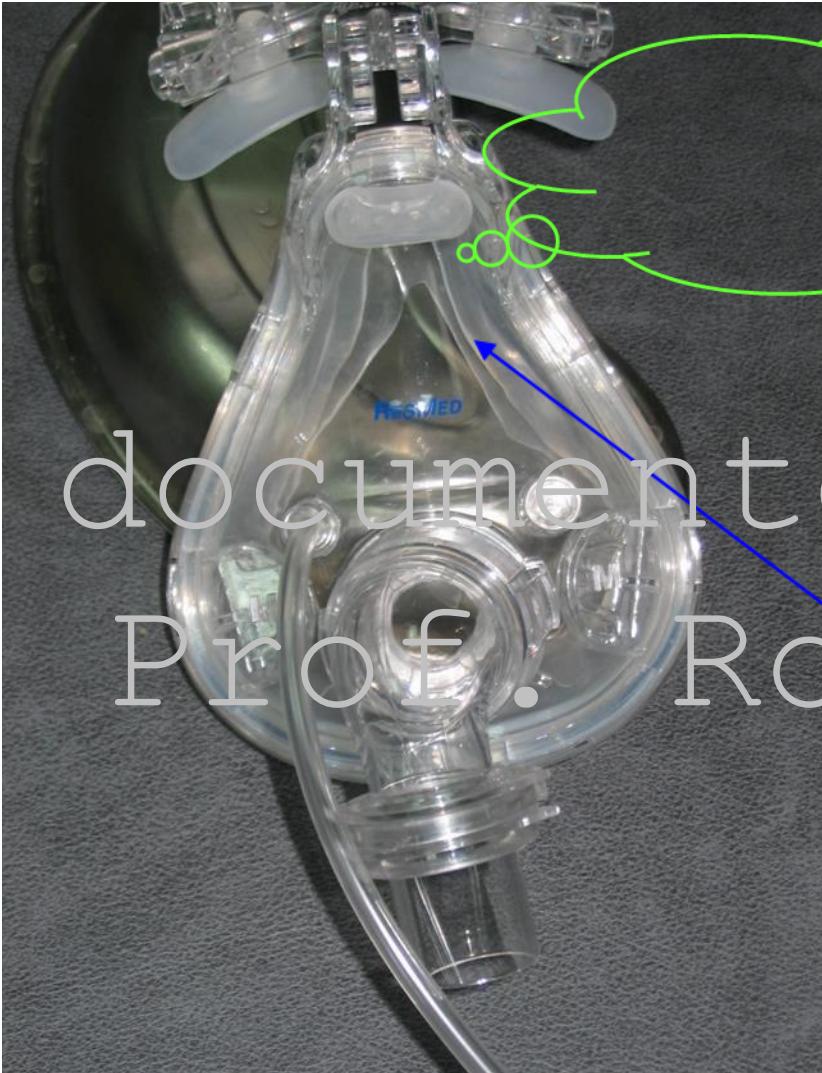
# Ventilatori con Umidificatori Incorporati



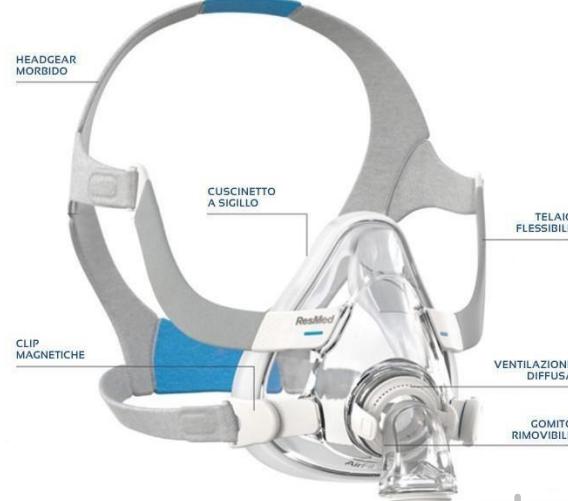
documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz



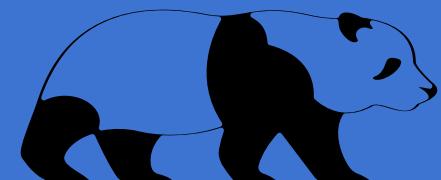
# MASCHERE APERTE



ERC 22



documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz

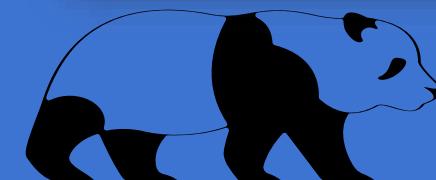


ERC 22

# LE MASCHERE MASCHERE CHIUSE

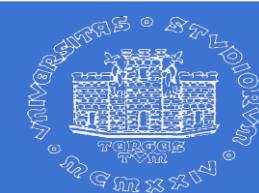
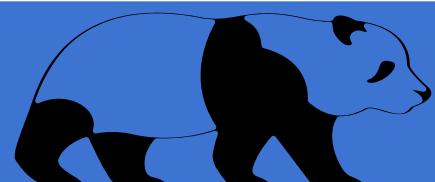


documento riservato  
Prof. Roman-Pognuzzi



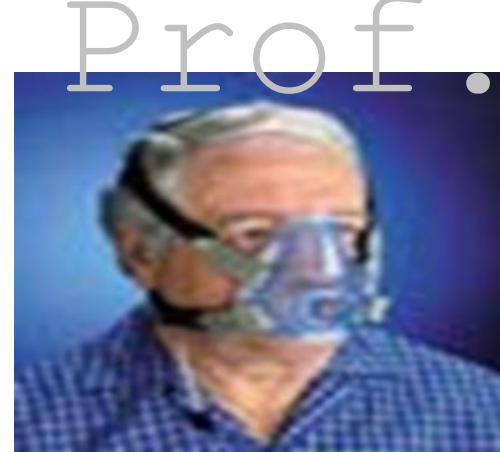
# VALVOLA ESPIRATORIA

DA UTILIZZARE SOLO NELLE  
MASCHERE CHIUSE

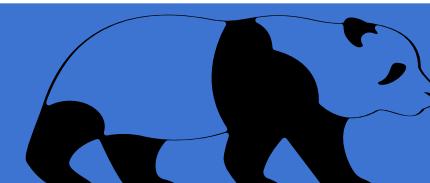


ERC 22

## MASCHERA FACCIALE



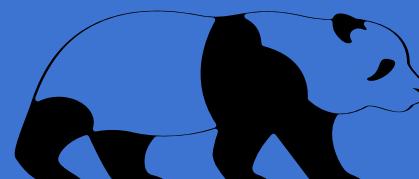
- permette la VM da naso e bocca
- vari tipi e forme etaglie
- prefer. in fase acuta e/o emerg. o per ostruz. nasalianatomiche
- spesso mal tollerata
- spesso causa di distensione addominale ed aerofagia
- si applica sulla parte terminale del circuito
- può essere munita di distanziatori antidecubito
- può essere adattabile al viso se munita di cuscinetto gonfiabile con aria
- sost. Annuale o ab



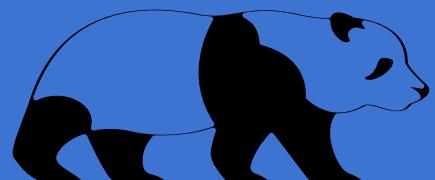
# MASCHERA NASALE



- permette la VM per via nasale
- vari tipi e forme etaglie
- prefer. per VMNI a lungo termine
- ben tollerata
- può causare distensione addominale ed aerofagia
- si applica sulla parte terminale del circuito
- può essere munita di distanziatori antidecubito
- sost. annuale o ab



documento riservato  
Prof. Roman - Pognuzzi



ERC 22

# INTERFACCE: quale maschera?

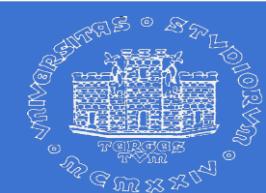
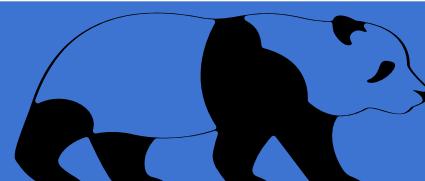
- **Senza perdite**
- **Non traumatica**
- **Garantire stabilità**
- **Leggera**
- **Non deformabile**
- **Anallergica**
- **Bassa resistenza al flusso di aria**
- **Minimo spazio morto**
- **Basso costo**
- **Facile da posizionare**
- **Disponibile in varia taglia**

Nava S RESPIRATORY CARE • JANUARY 2009 VOL 54 NO 1

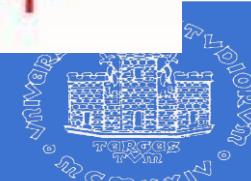
## SCELTA DELL'INTERFACCIA

La scelta dell'interfaccia è molto importante perché permette di ottenere:

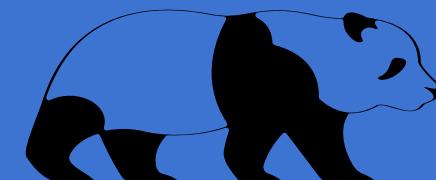
- Una corretta ventilazione delpz;
- La collaborazione del pz (confort);
- Il miglioramento clinico



# SCELTA DELL'INTERFACCIA



Variable	Nasal	Oronasal
Comfort	+++	++
Claustrophobia	+	++
Rebreathing	+	++
Lower CO <sub>2</sub>	+	++
Permits expectoration	++	+
Permits speech	++	+
Permits eating	+	-
Functions if nose obstructed	-	+



# UMIDIFICAZIONE ARTIFICIALE

ATTIVO



documento riservato  
Prof. Roman-Pognuzzi

PASSIVO



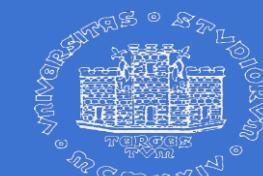
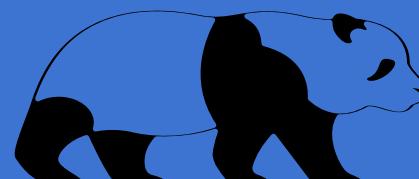
# UMIDIFICATORE ATTIVO

■ L'aria inspirata viene riscaldata ed umidificata mediante contatto diretto con acqua a

temperatura prefissata

■ Viene inserito sulla via inspiratoria del circuito

■ Disinfezione mensile della campana e pulizia settimanale del fornelletto



documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz



ERC 22

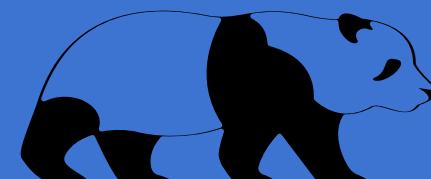
documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz



ERC 22

# UMIDIFICATORI PASSIVI HEAT MOISTURE EXCHANGERS (HME)

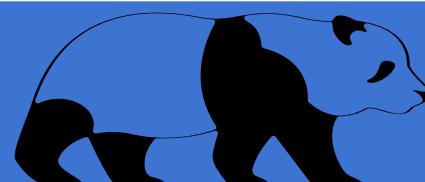
- Trasferiscono umidità e calore all'aria inspirata trattenendoli dell'aria espirata dal paziente stesso
- Vengono inseriti in prossimità dell'interfaccia
- Sostituzione giornaliera ed al bisogno



# VENTILAZIONE CON BOCCAGLIO



- Ventilazione utilizzata soprattutto in pazienti con patologie neuromuscolari in fase distabilità.
- Viene usata durante il giorno e combinata con l'uso di maschera nasale o facciale la notte.
- Permette di parlare e mangiare.
- Può servire come forma di assistenza inspiratoria alla tosse.
- Necesità di adeguato training.





documento riservato  
Prof. Roman-Pognuz



# SISTEMI DIFISSAGGIO

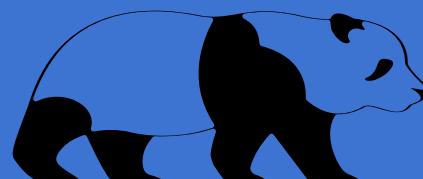
**CUFFIA:** ha la funzione di  
“ancorare” la maschera al viso.

## CARATTERISTICHE:

- in cotone e velcro
- leggeri
- facili da applicare
- assicurare stabilità alla maschera
- lavabili settimanalmente
- con apertura di sicurezza posteriore
- di vari tipi, modelli e taglie



documento riservato  
Prof. Roman - Pognuzzi



# SISTEMI DIFISSAGGIO

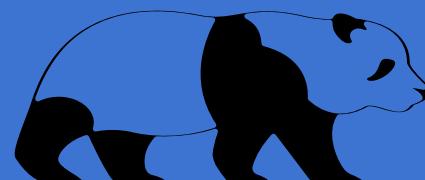
## MENTONIERA:

- aiuta a mantenere chiusa la bocca durante la VM nasale per ridurre le fughe d'aria.

## CARATTERISTICHE:

PROFI. Roman - Pognuz

- cotone elastico e velcro
- lavabile settimanalmente ed è un accessorio opzionale non sempre tollerato

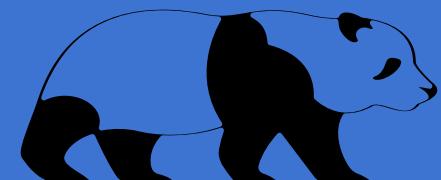


# COSA E' INDISPENSABILE SAPERE?

- 1) Malattia di base
  - 2) Causa dell'IRA
- Scelta modalita VM  
e terapia medica
- 

- 1) Conoscere il ventilatore
- 2) Scelta della Maschera
- 3) Corretto assemblaggio mask-circuito-whisper-umidificatore...
- 4) Esperienza del Personale (Medico - I.P. –Fisioterapisti)
- 5) Setting
- 6) Monitoraggio clinico-strumentale
  - tempi
  - modi
  - interpretazione

Successo



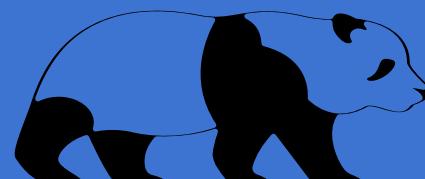
# INITIAL SETTING FORNIVM

■ VALUTARE LA COMPLIANCE DEL PAZIENTE

■ INDISPENSABILE LA  
SCELTA: MASCHERA  
CORRETTA

MODALITA' DI VENTILAZIONE  
CORRETTA SETTING APPROPRIATO  
STABILIRE LIVELLO DI MONITORAGGIO

■ ORGANIZZARE L'“OSSERVAZIONE” DEL PAZ.



# AL PZ FARE DOMANDESEMPLICI

## ■ Volume corrente

- E' abbastanza l'aria che arriva, é troppo o troppo poca?

## ■ Flusso d'aria

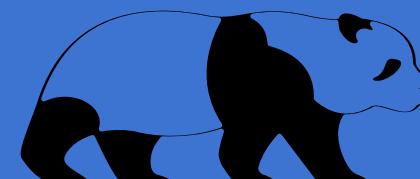
- Troppo veloce, adeguato, troppo lento?

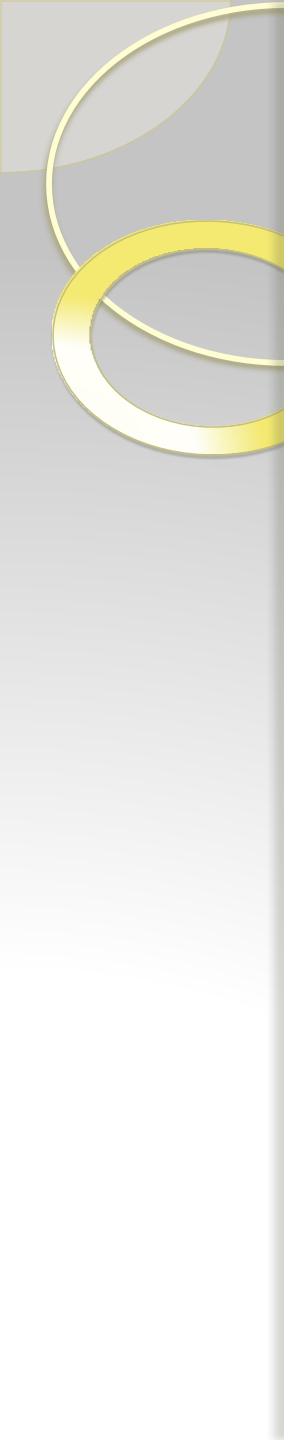
## ■ Frequenza respiratoria

- Troppo rapida, adeguata, troppo lenta

## ■ Tempo inspiratorio

- Ha tempo sufficiente per espirare, oppure l'aria arriva prima che le abbia finito il respiro?





# **MONITORAGGIO**

## **1° Monitoraggio Clinico/visivo**

documento riservato

Prof. Roman-Pognuz



**GUARDARE il paziente**

# MONITORAGGIO

## 1° Monitoraggio Clinico



### DISCOMFORT MASCHERA e/o VENTILATORE

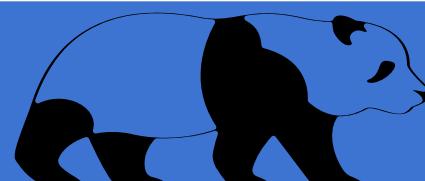
- claustrofobia, Pressione Eccessiva
- mancanza di "sincronizzazione" ventilatore/paziente

### PERDITE:

- Rivalutare la scelta della Maschera
- Eccessive resistenza da broncospasmo

### ECCESSIVA PRESSIONE /VOLUME

- Iperdistensione gastrica,
- Ostruzione alte vie aeree (secrezioni- postura?)
- Tosse



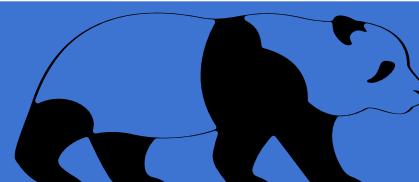
# MONITORAGGIO

## 2° Monitoraggio Strumentale

**↓ Stato di coscienza del paziente**

documento riservato  
SpO<sub>2</sub>  
FC-ECG  
PA  
Prof. Roman-Pognuz  
EGG  
interazione ventilatore-PZ  
(sedazione ??)

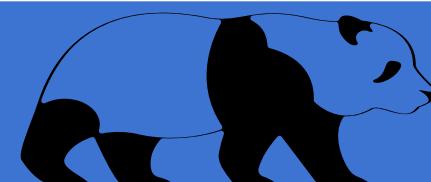
Non dimenticare MAI terapia  
medica



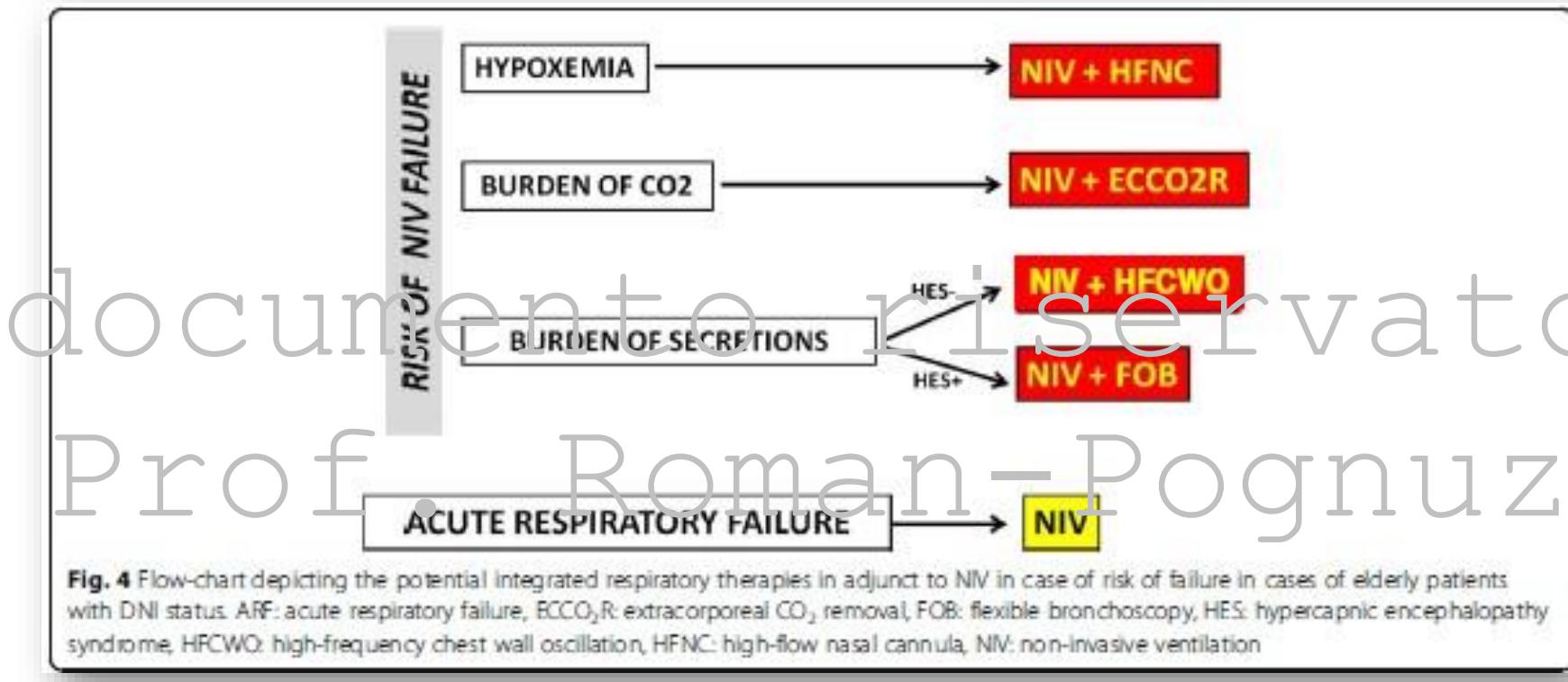
ERC 22

# CRITERI DI SOSPENSIONE DELLA NIMV

- Incapacità a tollerare la maschera
- Mancato miglioramento dei gas a della dispnea
- Necessità di intubazione ET per rimuovere secrezioni
- Instabilità emodinamica
- Instabilità ECG con evidenza di ischemia o aritmia ventr.
- Mancato miglioramento dello statomentale entro 30 min dall'inizio della NIMV



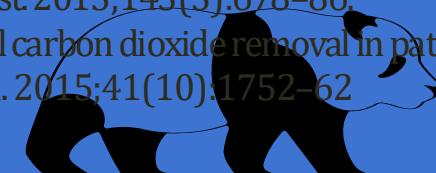
# Come evitare il fallimento



Terragni P, Maiolo G, Ranieri VM. Role and potentials of lowflow CO<sub>2</sub> removal system in mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18(1):93-8.

Burki NK, Mani RK, Herth FJ, Schmidt W, Teschler H, Bonin F, et al. A novel extracorporeal CO<sub>2</sub> removal system: results of a pilot study of hypercapnic respiratory failure in patients with COPD. *Chest* 2013;143(3):678-86.

Sklar MC, Beloncle F, Katsios CM, Brochard L, Friedrich JO. Extracorporeal carbon dioxide removal in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Intensive Care Med*. 2015;41(10):1752-62.



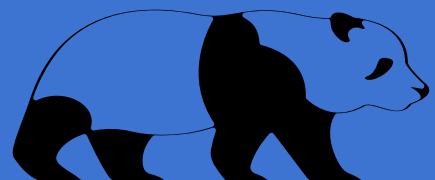
# RUOLO DEL FISIOTERAPISTA NELLA VMNI

A. Il terapista affianca il medico e l'infermiere professionale nella gestione del processo di adattamento e educazione alla ventilazione:

- Scelta interfaccia
- Monitoraggio durante le prime sedute
- Educazione al paziente o caregiver alla gestione domiciliare
- Valutazione adattamento, compliance, efficacia

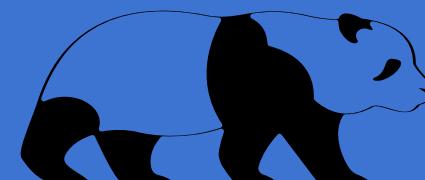
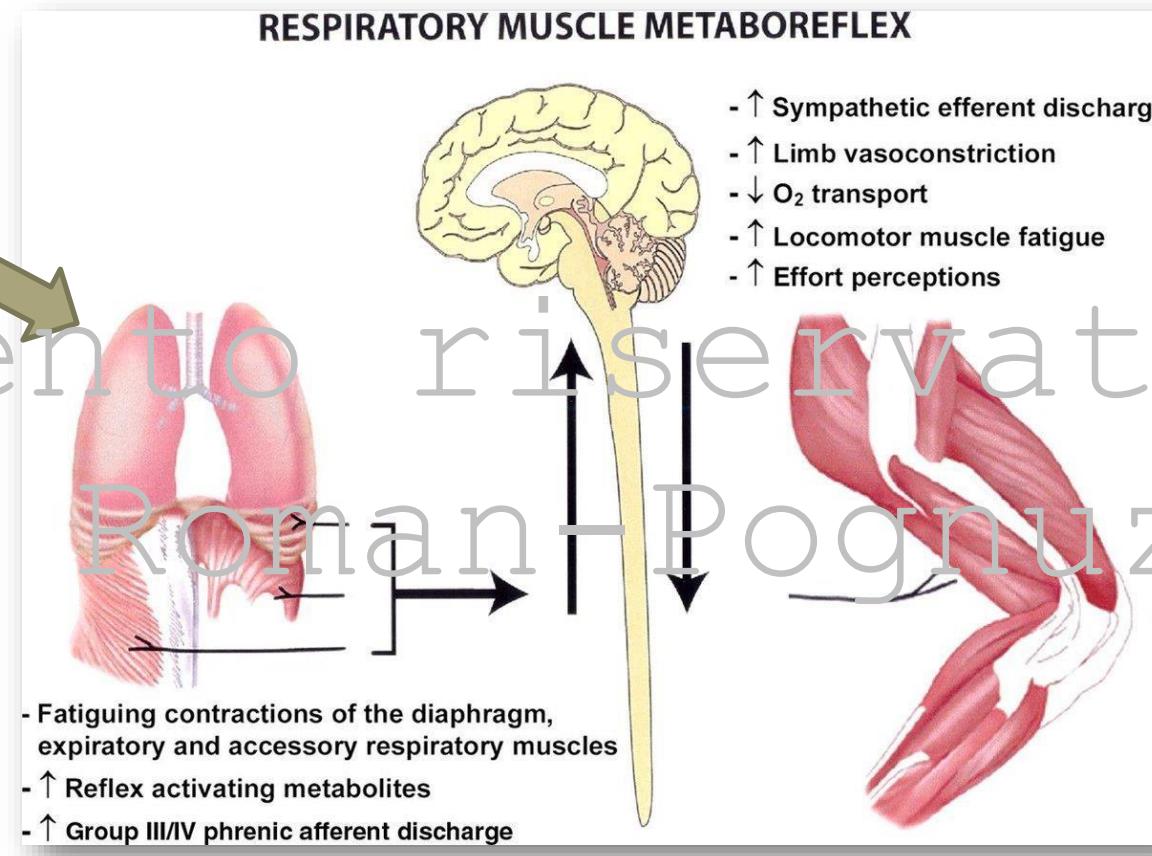
B. Valutazione delle metodiche di disostruzione da associare

C. Esecuzione di misure al fine di deciderne la sospensione o la necessità di ricorrere all'intubazione o alla tracheostomia



# ALLENAMENTO DEL PAZIENTE CON NIV

NIV  
documento riservato  
Prof. Roman Pognuzzi



Informazione e pianificazione al momento della diagnosi di piano di supporto ventilatorio

Sintomi respiratori (ortopnea), SDB (apnee/desaturazioni <88% per 5 min consec), FVC < 50% (?65-75%), PCO<sub>2</sub>>45 mmHg; MIP<60%; PCEF <270 l/sec

Rifiuto supporto ventilatorio

Trial of NIV/cough assist

Prof. Roman-Pogniuz

progressione malattia

Palliative care

NIV diurna + cough assistance +/-PEG

Sospensione ventilazione

Limite per la ventilazione non invasiva

progressione malattia



Tracheostomy -IPPV

ERC 22

## TAPPI ENDOBRONCHIALI

## TOsse ASSISTITA

ALTERAZIONI  
E RAPPORTO  
Ventilazione/Perfusione

Effetto Shunt  
(polmonite)

↑ Aumento lavoro respiratorio per  
aumento carico resistivo e/o elastico in  
un paziente che *ha già un deficit*  
*rilevante di Forza Muscolare*

Ipoventilazione

ipercapnia

NIV