

# Le prove di funzionalità respiratoria

---

- **La Ventilazione:**
  - Prove di Funzionalità Ventilatoria
  - Test di performance dei muscoli respiratori
  
- **Gli scambi gassosi:**
  - Test della Diffusione del CO
  - Emogasanalisi arteriosa

[www.fisiokinesiterapia.biz](http://www.fisiokinesiterapia.biz)

# Test di funzionalità respiratoria

## *La Ventilazione*

---

### **Prove di Funzionalità Ventilatoria**

- **Volumi polmonari statici**
- **Volumi polmonari dinamici**
  - **Test di espirazione forzata**
  - **Test di reversibilità**
  - **Picco di flusso espiratorio**
  - **Test di iperreattività bronchiale**

### **Test di performance dei muscoli respiratori**

# Prove di funzionalità respiratoria: *Principali indicazioni*

---

- **Diagnosi di patologie polmonari (segni, sintomi, esami di laboratorio o esami strumentali alterati)**
- **Valutazione della gravità o progressione della patologia (BPCO, fibrosi cistica, patologie polmonari interstiziali, scompenso cardiaco, patologie neuromuscolari)**
- **Valutazione del rischio preoperatorio**
- **Valutazione del grado di invalidità a fini assicurativi**

# Prove di funzionalità respiratoria: *Principali controindicazioni*

---

- **Emottisi**
- **PNX**
- **Recente intervento addominale/toracico**
- **Trauma toracico**
- **Recente intervento agli occhi**
- **IMA (entro tre mesi) o angina instabile**
- **Aneurisma toracico**

# Test di funzionalità respiratoria

## *La Ventilazione*

---

### **Prove di Funzionalità Ventilatoria**

- **Volumi polmonari statici**
- **Volumi polmonari dinamici**
  - **Test di espirazione forzata**
  - **Picco di flusso espiratorio**
  - **Test di reversibilità**
  - **Test di iperreattività bronchiale**

### **Test di performance dei muscoli respiratori**

# Volumi polmonari statici

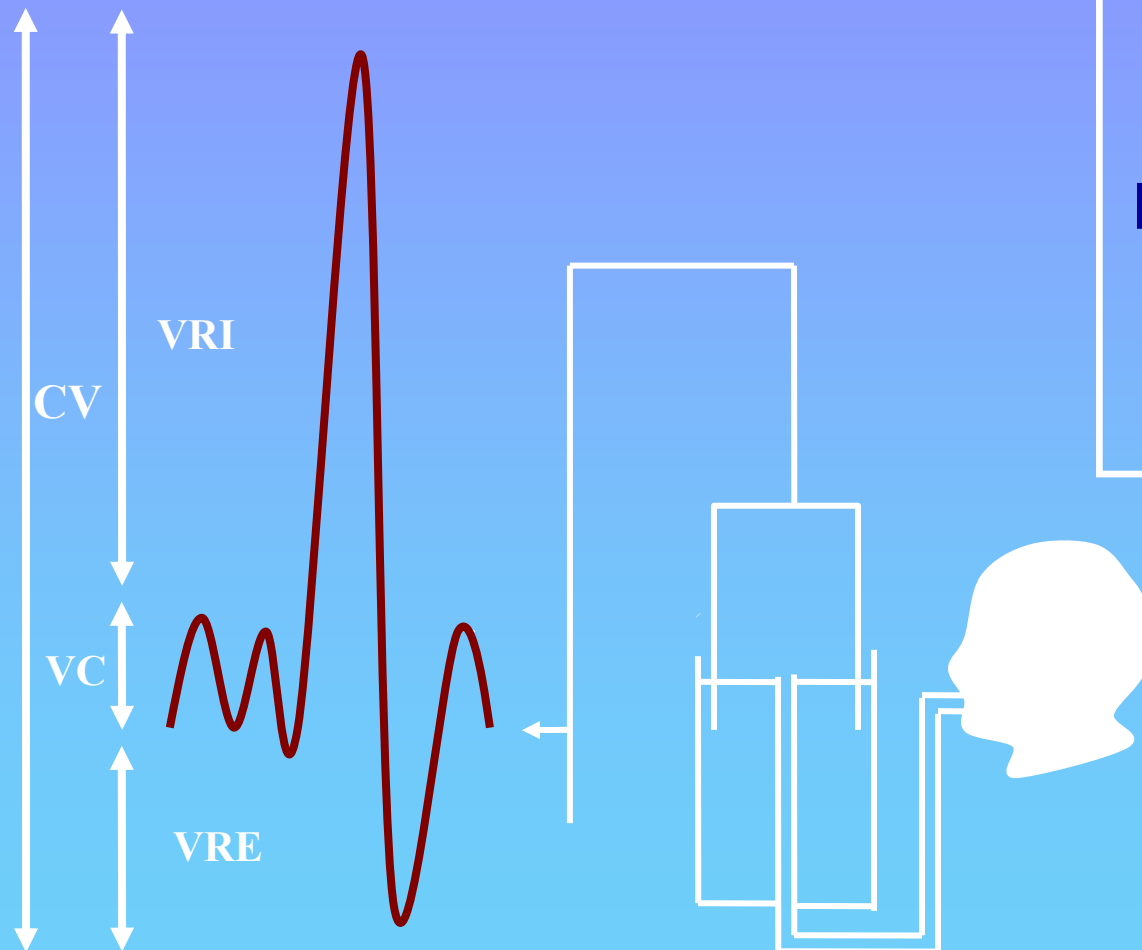
## *Strumentazione*

**Gli spirometri a campana o soffietto misurano lo spostamento dei volumi di aria mobilizzabili attraverso il movimento di una campana il cui bordo inferiore è immerso nell'acqua (spirometri a campana) o di un mantice a secco (spirometri a secco).**



# Lo spirometro

## *Spirometro a campana*



**Registra le variazioni  
del volume  
polmonare nel tempo  
durante la  
respirazione  
tranquilla e forzata.**

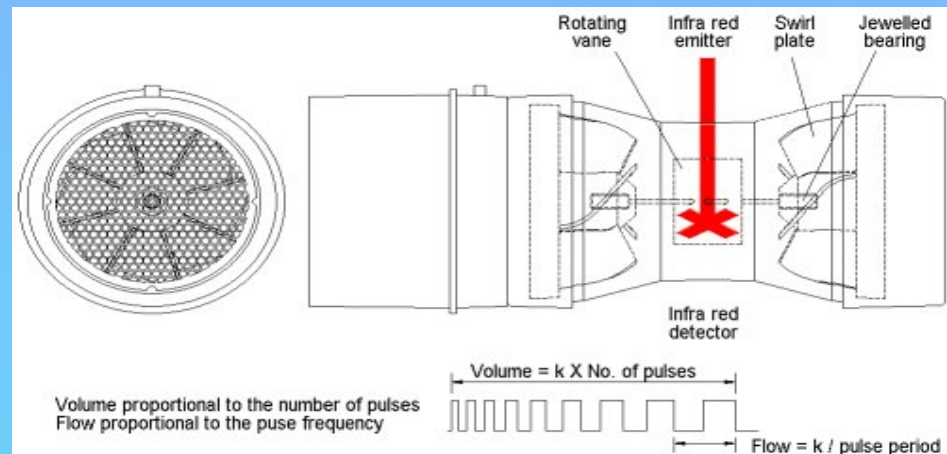
# Volumi polmonari statici

## Strumentazione

**Gli spirometri a flusso (pneumotacografo e spirometro a turbina, flussimetro ad ultrasuoni, flussimetro di massa) misurano i flussi nel tempo dai quali sono derivati i volumi.**



Pneumotacografo



Spirometro a turbina

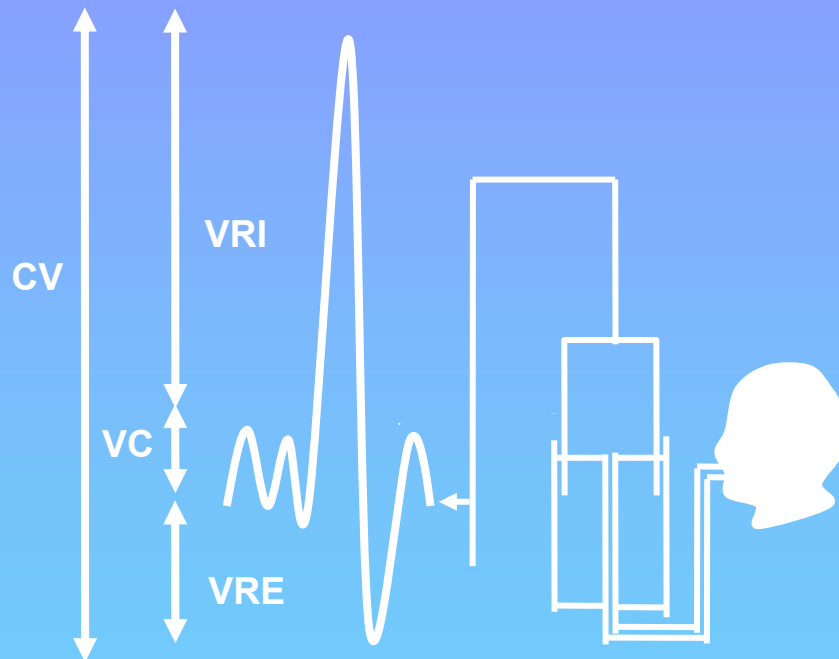


# Spirometria lenta

## Parametri e tracciato spirometrico

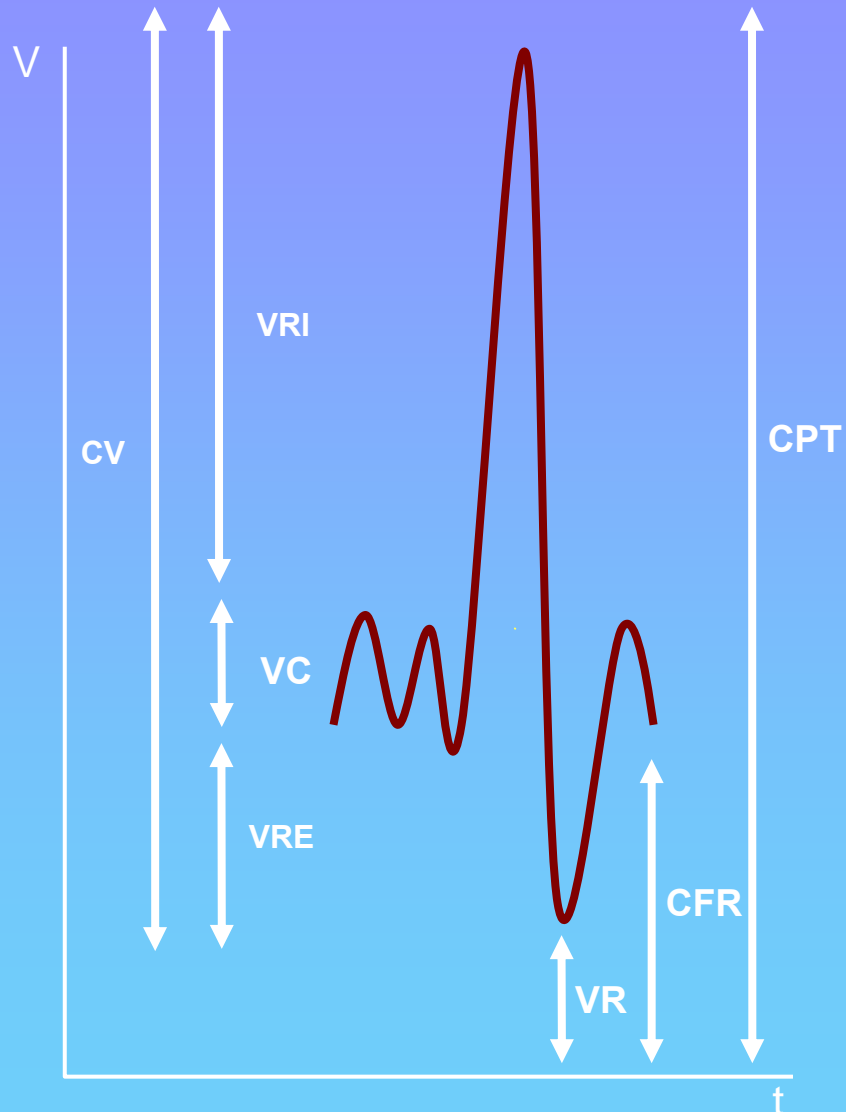
---

### Definizioni



- **Volume Corrente (VC)**: volume d'aria mobilizzato ad ogni respiro tranquillo
- **Volume di Riserva Inspiratoria (VRI)**: volume d'aria mobilizzabile al di sopra di un VC.
- **Volume di Riserva Espiratoria (VRE)**: volume d'aria mobilizzabile al di sotto di un VC.
- **Capacità Vitale (CV)**: massimo volume d'aria che può essere espirato completamente e lentamente dopo un'inspirazione massimale.

# Volumi polmonari statici



## Definizioni

- **Volume Corrente (VC):** volume d'aria mobilizzato ad ogni respiro tranquillo.
- **Volume di Riserva Inspiratoria (VRI):** volume d'aria mobilizzabile al di sopra di un VC.
- **Volume di Riserva Espiratoria (VRE):** volume d'aria mobilizzabile al di sotto di un VC.
- **Capacità Vitale (CV):** massimo volume d'aria che può essere espirato completamente e lentamente dopo un'inspirazione massimale.
- **Capacità Funzionale Residua (CFR):** massima quantità d'aria contenuta nel polmone al termine di una espirazione tranquilla.
- **Volume Residuo (VR):** volume d'aria presente nel polmone al termine di una espirazione massimale.
- **Capacità Polmonare Totale (CPT):** massima quantità d'aria contenuta nel polmone all'apice di una inspirazione massimale.

# Volumi polmonari statici

## *Misurazione*

---

### *Pletismografia corporea*

Il paziente viene posto all'interno di una cabina pressurizzata a T costante.

Si misurano le variazioni di P della cabina durante gli atti respiratori.

Applicando la legge di Boyle si può ricavare il volume polmonare:

$$P \times V = (P + DP) \times (V + DV)$$

$$V = (P + DP) \times \frac{DV}{DP}$$



# Volumi polmonari statici

## Misurazione

### Diluizione dell'elio

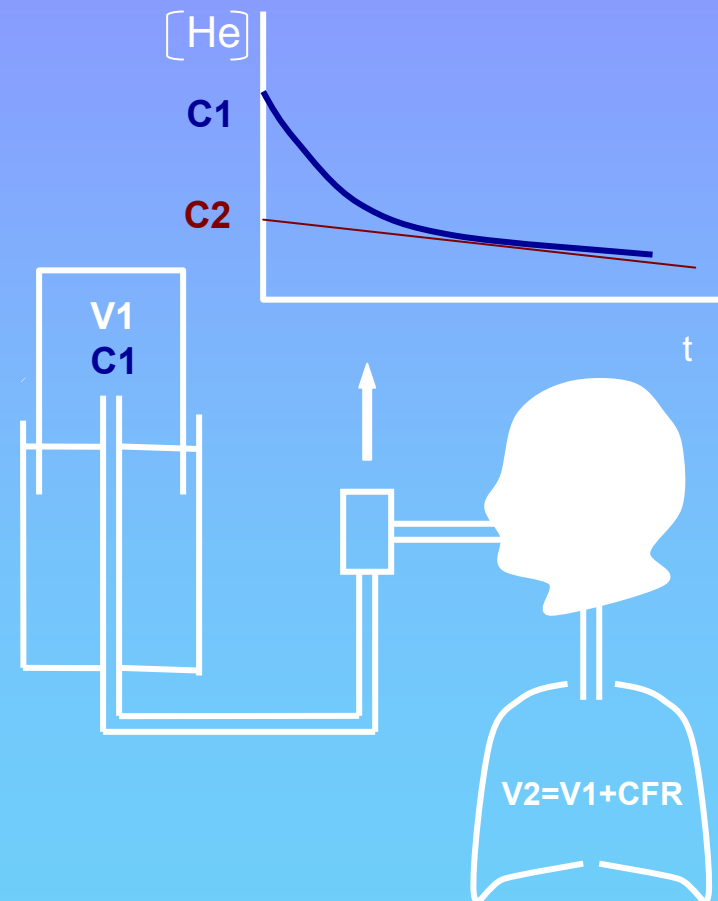
Si collega il paziente allo spirometro al termine di una espirazione lenta (volume polmonare = CFR) .

Sono noti il volume del circuito e la concentrazione iniziale di elio ( $m = V1 \times C1$ ).

Si fa respirare il paziente fino ad ottenere una omogenea distribuzione del gas. Poiché l'He non si è per nulla disperso la quantità di He presente prima dell'equilibrio ( $m = V1 \times C1$ ) uguaglia la quantità all'equilibrio ( $m = V2 \times C2$ ).

$C1 \times V1 = C2 \times V2$ ; essendo  $V2 = V1 + CFR$

$CFR = V1 \times (C1 - C2) / C2 \rightarrow VR = CFR - VRE$



# Test di funzionalità respiratoria

## *La Ventilazione*

---

### **Prove di Funzionalità Ventilatoria**

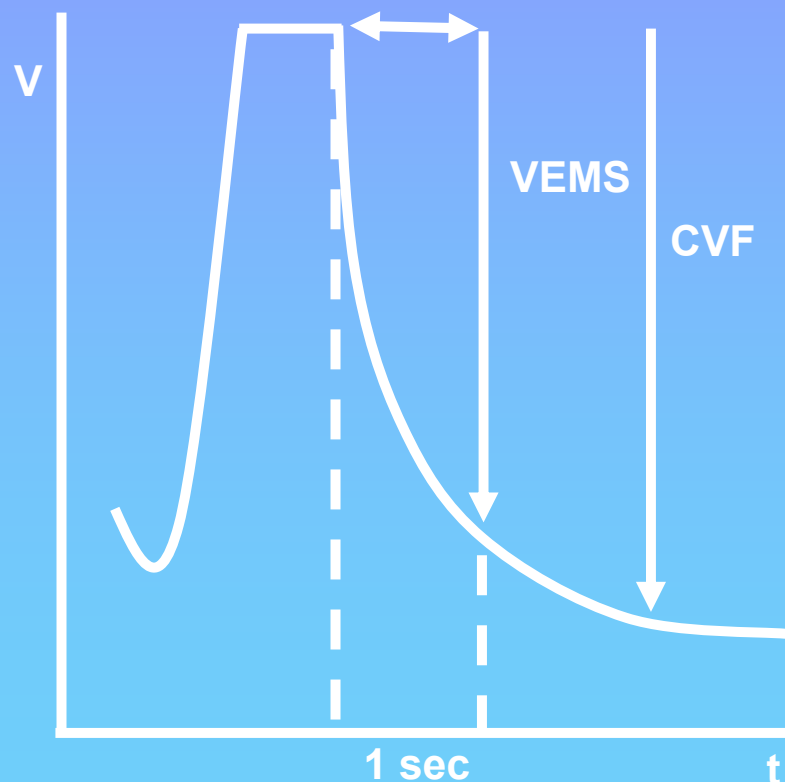
- **Volumi polmonari statici**
- **Volumi polmonari dinamici**
  - Test di espirazione forzata
  - Test di reversibilità
  - Picco di flusso espiratorio
  - Test di iperreattività bronchiale

### **Test di performance dei muscoli respiratori**

# Test di espirazione forzata

## *Volumi polmonari dinamici*

### *Parametri e tracciato spirometrico*



Dopo aver fatto compiere al paziente una inspirazione massimale, lo si fa espirare con la massima forza il massimo volume di aria possibile.

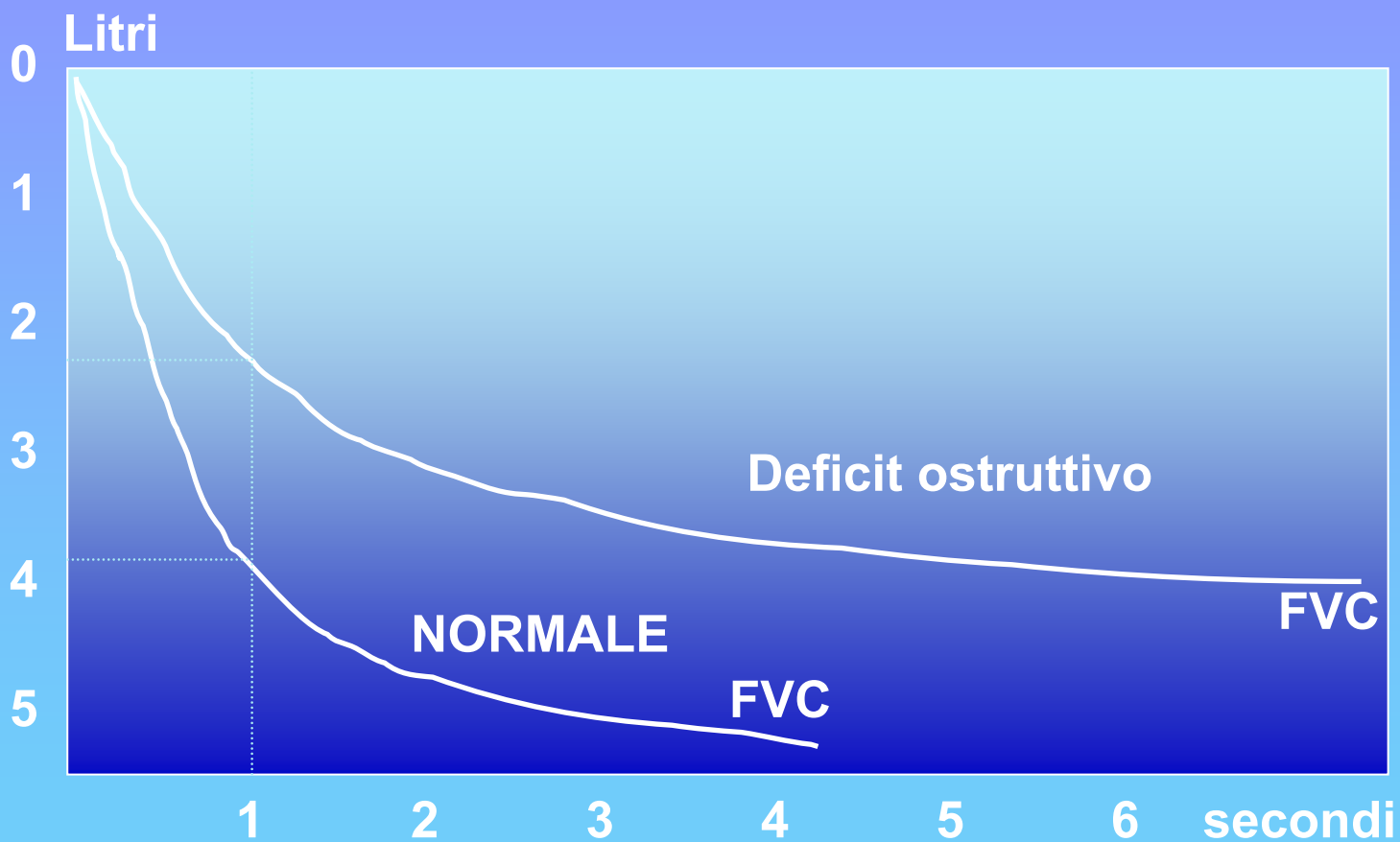
Misuriamo così :

- Il volume espiratorio massimo nel primo secondo: VEMS
- La capacità vitale forzata: CVF
- Il rapporto VEMS / CVF %

# Spirometria: normale e deficit ostruttivo

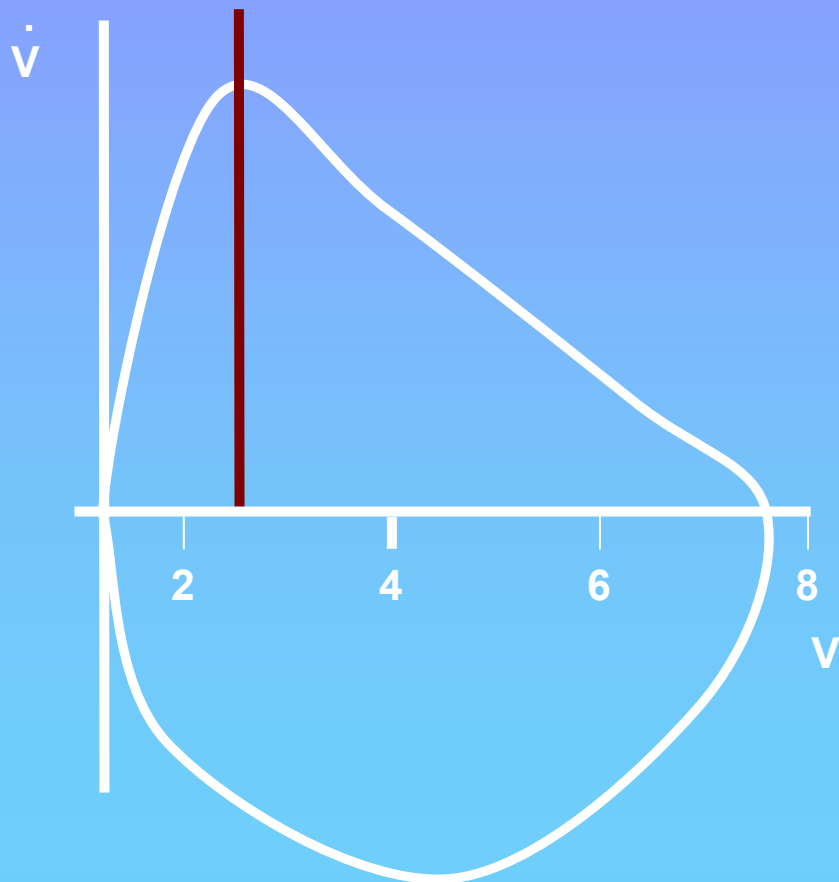
## *Curva Volume / Tempo*

---



# Curva flusso-volume

## *Curva flusso-volume normale*



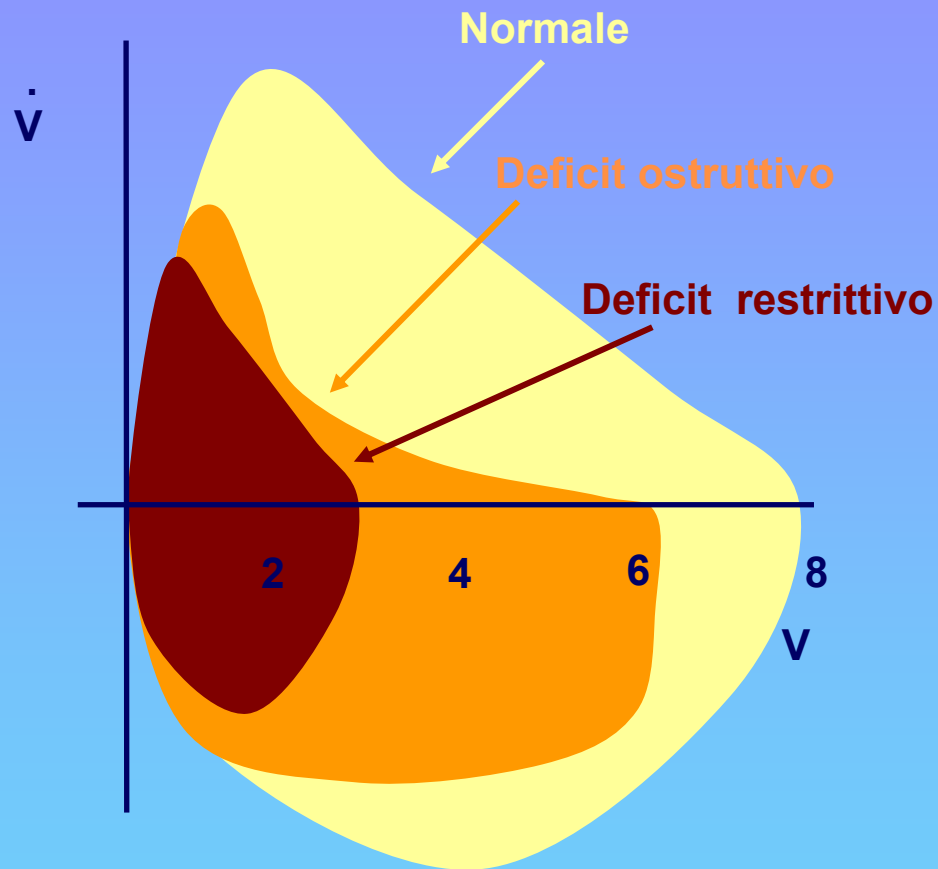
E' possibile rappresentare la manovra di espirazione forzata con una curva flusso-volume: ad ogni momento si riportano il flusso istantaneo ed il volume corrispondente

Nella fase espiratoria la velocità di flusso aumenta fino al limite massimo della curva, ma non oltre per il fenomeno della compressione dinamica delle vie aeree.

La parte di curva a sinistra della riga è **sforzo dipendente**; quella a destra **sforzo indipendente** (dipende dalle proprietà intrinseche del polmone)



# Curva flusso-volume patologica

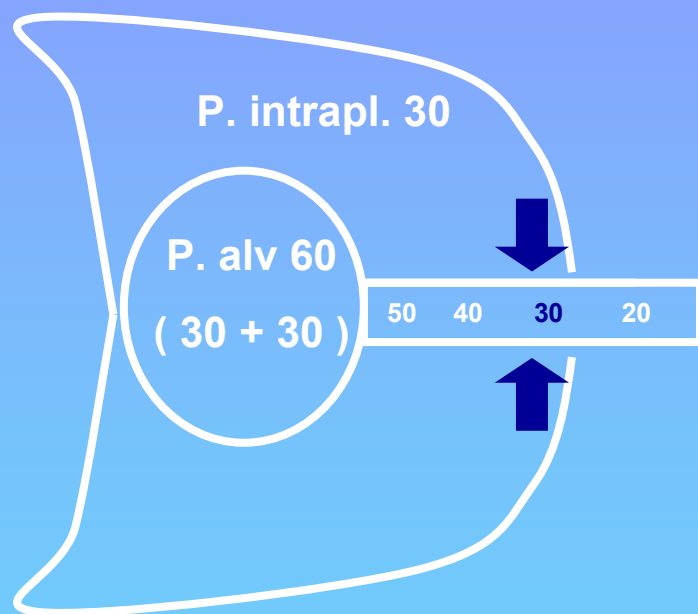


Riduzione dei flussi a tutti i volumi polmonari espiratori con riduzione del PEF e concavità verso l'alto della curva espiratoria (freccia)

Armonica riduzione dei volumi polmonari, aumentate pressioni di ritorno elastico, velocità di flusso ridotte e normale calibro delle vie aeree

# Curva flusso-volume

## *Compressione dinamica delle vie aeree*



All'inizio di una espirazione forzata abbiamo massimi valori di P intrapleurica e P alveolare.

A livello delle vie aeree la P aumenta meno rispetto alla P alveolare per la presenza delle fisiologiche resistenze al flusso.

Lungo le vie aeree c'è un punto in cui la P delle vie aeree eguaglia quella intrapleurica =

### PUNTO DI EGUAL PRESSIONE

Il segmento a valle del PEP avrà un calibro inferiore. A questo livello il flusso dipende dalla sola pressione di retrazione polmonare.

# Test di espirazione forzata

## *Interpretazione*

---

<b>Indici Funzionali</b>	<b>Insufficienza ventilatoria di tipo restrittivo</b>	<b>Insufficienza ventilatoria di tipo ostruttivo</b>
<b>CVF</b> Capacità Vitale Forzata	<b>Diminuita</b>	<b>Normale o diminuita</b>
<b>VEMS</b> Volume Espiratorio Massimo nel primo Secondo	<b>Diminuito in modo proporzionale alla CVF</b>	<b>Diminuito più della CVF</b>
<b>Rapporto VEMS/CVF %</b>	<b>Normale</b>	<b>Diminuito</b>

# Volumi polmonari statici

## *Interpretazione*

---

<b>Indici Funzionali</b>	<b>Insufficienza ventilatoria di tipo restrittivo</b>	<b>Insufficienza ventilatoria di tipo ostruttivo</b>
<b>VR</b> <b>Volume Residuo</b>	<b>Diminuito</b>	<b>Aumentato</b>
<b>CPT</b> <b>Capacità Polmonare Totale</b>	<b>Diminuito in modo proporzionale alla VR</b>	<b>Normale o lievemente aumentato</b>
<b>Rapporto VR/CPT %</b>	<b>Normale</b>	<b>Aumentato</b>

# Interpretazione

---

## Insufficienza ventilatoria

```
graph TD; A[Insufficienza ventilatoria] --> B[di tipo OSTRUTTIVO]; A --> C[di tipo RESTRITTIVO];
```

### di tipo OSTRUTTIVO

- Asma
- BPCO
- Bronchiectasie

### di tipo RESTRITTIVO

- Patologie della gabbia toracica
- Patologie neuromuscolari
- Lesioni occupanti spazio
- Fibrosi polmonare

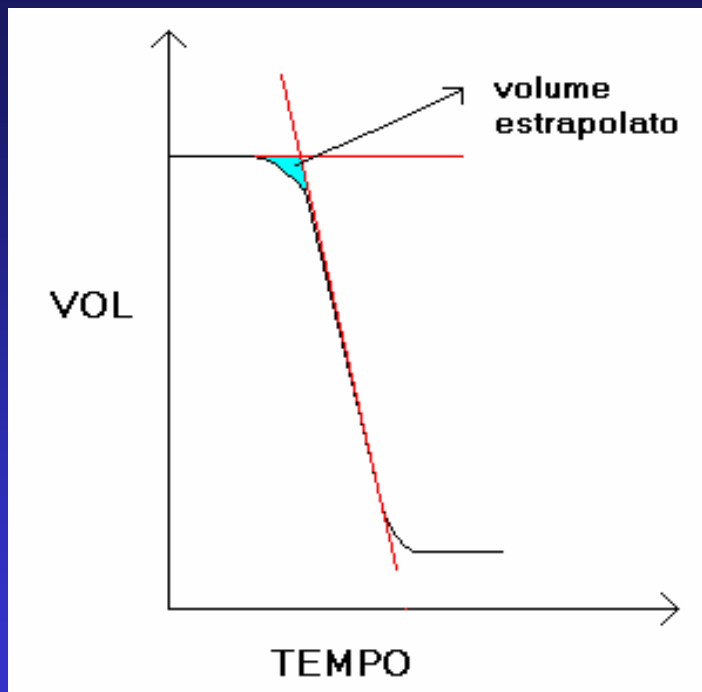
# Prove di funzionalità respiratoria: *controllo di qualità*

---

L'attendibilità della prova è condizionata da due principali parametri:

- La **ACCURATEZZA**: quanto la misurazione riflette i valori reali;
- La **PRECISIONE**: cioè la variabilità (**ripetibilità**) di prove successive di uno stesso paziente ; è indipendente dalla accuratezza e dipende dal paziente e dall'operatore.

CRITERI DI ACCETTABILITA'	CONTROLLO DI QUALITA'
Inizio espirazione senza esitazioni	Volume estrapolato < 5% dell' CVF o di 150 ml (Intervallo di tempo tra 10-90% PEF <120 ms)*



Inizio espirazione senza esitazioni con assenza di perdite espiratorie prima dell'espirazione forzata; il volume estrapolato (area azzurra) non dovrebbe essere superiore al 5% dell' CVF o a 150 ml.

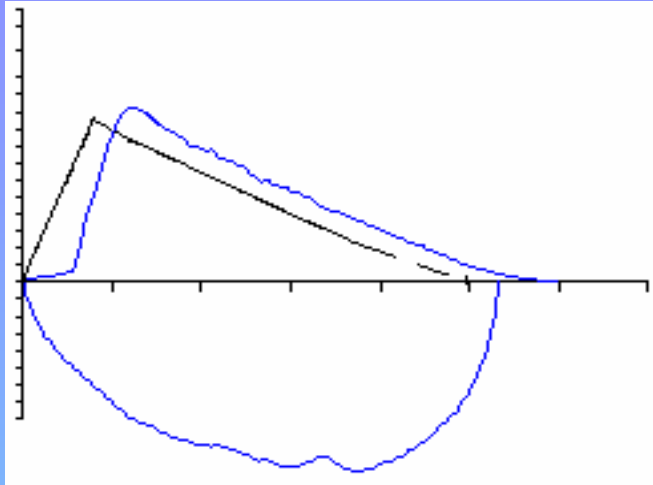
CRITERI DI ACCETTABILITA'	CONTROLLO DI QUALITA'
Inizio espirazione senza esitazioni	Volume estrapolato < 5% dell' CVF o di 150 ml (Intervallo di tempo tra 10-90% PEF <120 ms)*
Adeguate tempo di espirazione	Espirazione > 6 secondi (Espirazione > 4 secondi in particolari casi; bambini, giovani adulti, deficit restrittivi)
Espirazione completa	Il test deve concludersi con un plateau di almeno 1 secondo ( a flusso costante < 0,03 l/sec )
Assenza di artefatti	Tosse, chiusura della glottide, sforzo variabile
CRITERIO DI RIPRODUCIBILITA'	Almeno tre prove accettabili su un massimo di otto secondo il criterio che le due CVF e i due VEMS più elevati non differiscano più di 200 ml.



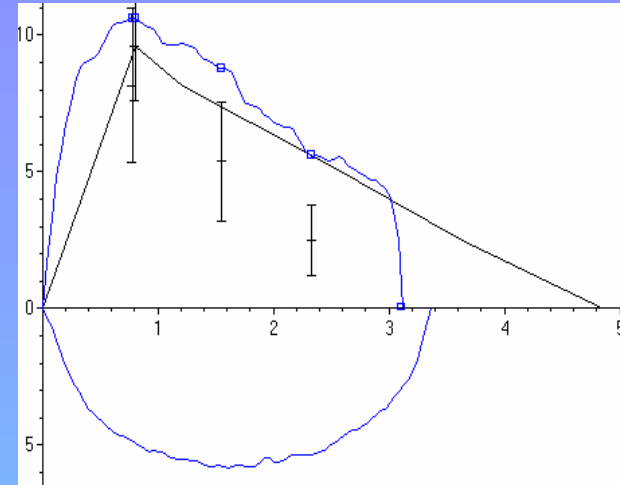
# Controllo di qualità

## *Curve Flusso/volume scorrette*

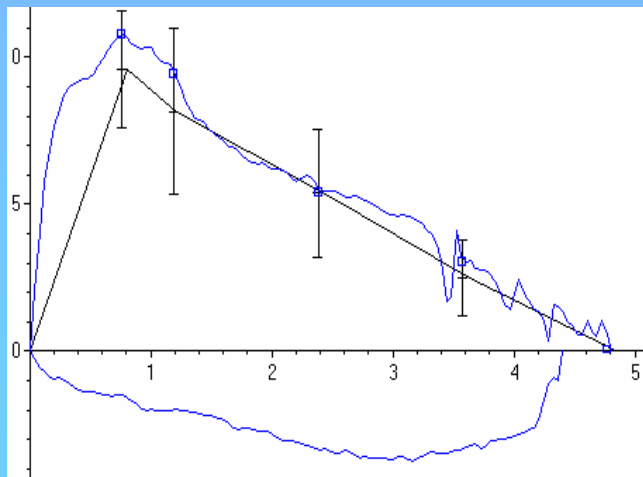
---



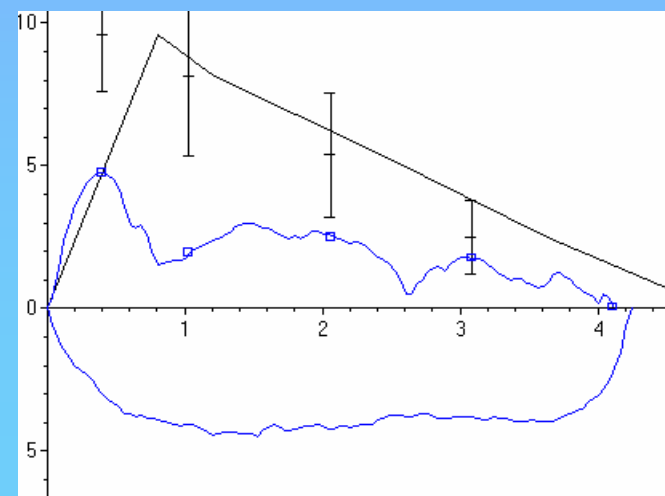
Partenza lenta dell'espirazione



Arresto espirazione prima di 6'



Tosse



Chiusura della glottide

# Test di Funzione Respiratoria

## *Classificazione deficit di tipo ostruttivo*

---

### **VEMS/CV inferiore al predetto**

<b>VARIANTE FISIOLÓGICA</b>	<b>VEMS &gt; 100% predetto</b>
<b>LIEVE</b>	<b>VEMS &lt; 100 e <math>\geq</math> 70%</b>
<b>MODERATA</b>	<b>VEMS &lt; 70 e <math>\geq</math> 60% predetto</b>
<b>MODERATAMENTE GRAVE</b>	<b>VEMS &lt; 60 e <math>\geq</math> 50% predetto</b>
<b>GRAVE</b>	<b>VEMS &lt; 50 e <math>\geq</math> 34% predetto</b>
<b>MOLTO GRAVE</b>	<b>VEMS &lt; 34% predetto</b>

American Thoracic Society. 1991. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am. Rev. Respir. Dis. 144:1202-1218.

# Classificazione spirometrica di gravità della BPCO

**GOLD - ATS/ERS**

**VEMS/CVF < 70%**

**STADIO 1: VEMS  $\geq$  80% predetto**

**STADIO 2: VEMS 50-80% predetto**

**STADIO 3: VEMS 30-50% predetto**

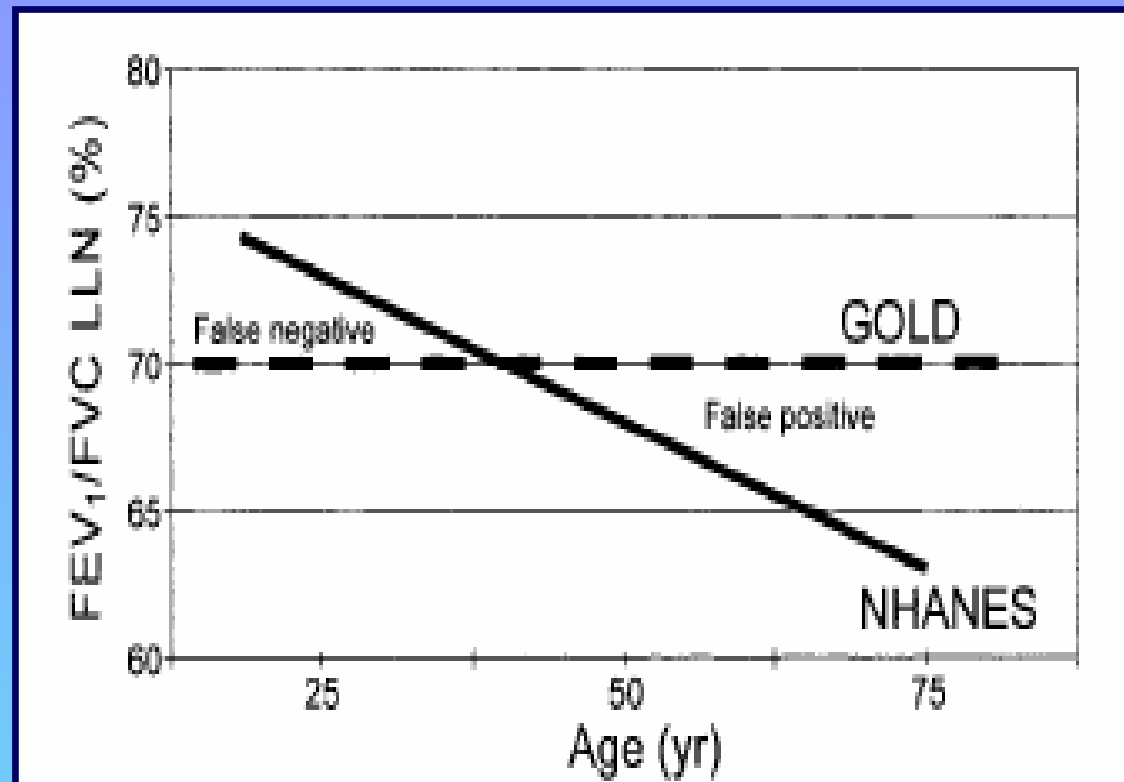
**STADIO 4: VEMS <30% predetto**

**I valori VEMS, VEMS/CVF sono da considerarsi post-broncodilatazione**

L.M. Fabbri, S.S. Hurd, for the GOLD Scientific Committee Eur Respir Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of COPD: 2003 update J 2003; 22: 1-2.

B.R. Celli, W. MacNee and committee members Eur Respir J 2004; 23: 932-946

# Misclassification of the FEV<sub>1</sub>/FVC ratio



Enright PL, Kaminsky DA Strategies for Screening for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Respir Care* 2003;48(12):1194 –1201

# Test di Funzione Respiratoria

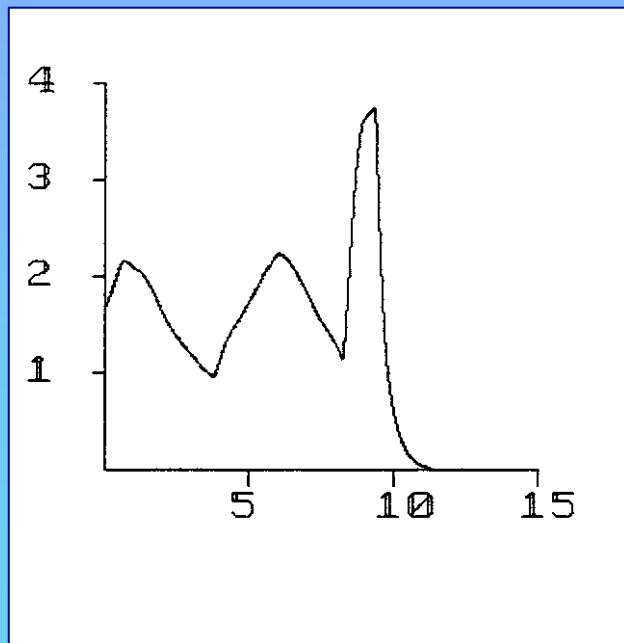
## *Classificazione deficit di tipo restrittivo*

---

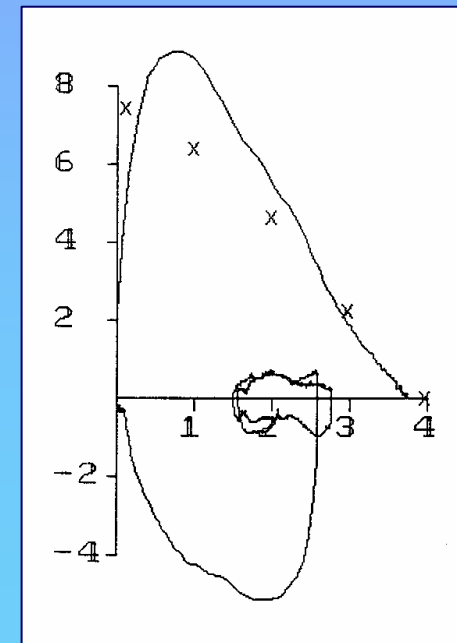
<b>Basata sulla CPT:</b>	<b>Se la CPT non è stata misurata si considera la riduzione della CV e si parla di “restrizione dell’escursione volumetrica dei polmoni”</b>
<b>LIEVE:</b> <b>CPT &lt; predetto ma <math>\geq 70\%</math></b>	<b>LIEVE:</b> <b>CV &lt; predetto ma <math>\geq 70\%</math></b>
<b>MODERATA:</b> <b>CPT 60-70% predetto</b>	<b>MODERATA:</b> <b>CV 60-70% predetto</b>
<b>MODERATAMENTE GRAVE:</b> <b>CPT &lt; 60% predetto</b>	<b>MODERATAMENTE GRAVE:</b> <b>CV 50-60% predetto</b>
	<b>GRAVE:</b> <b>CV 50-34% predetto</b>
	<b>MOLTO GRAVE:</b> <b>CV &lt; 34% predetto</b>

# Esempio di interpretazione di spirometria n. 1

		oss.	teorici	%	lim.
VC	l	3.82	4.02	95	3.33-4.71
FVC	l	3.75	3.96	95	3.25-4.67
FEV1	l	3.51	3.47	101	2.85-4.09
FEV1/VC	%	91.71	84.11	109	73.4-94.8

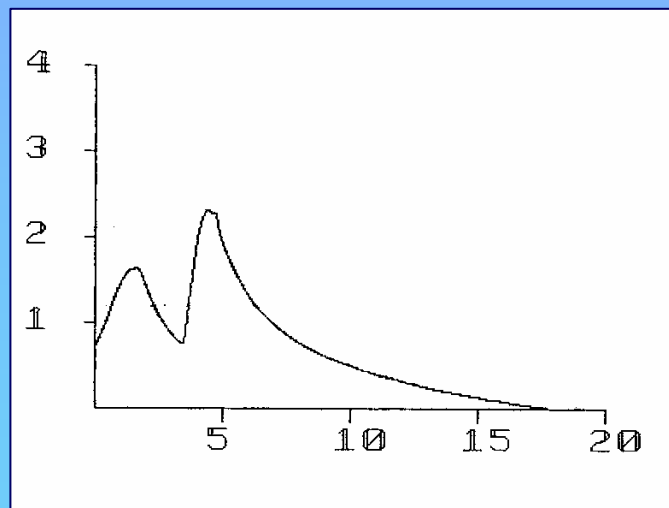


**NORMALE**

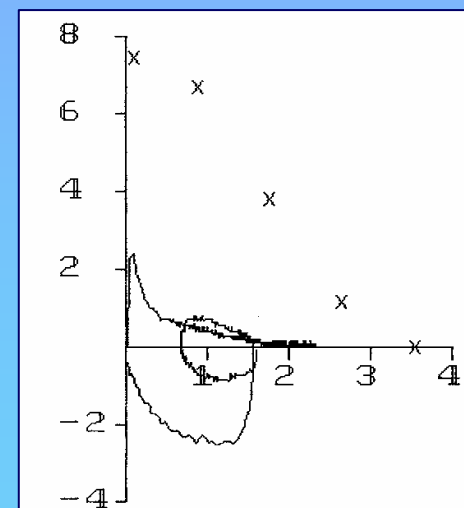


# Esempio di interpretazione di spirometria n. 2a

		oss.	teorici	%	lim.
VC	l	2.34	3.68	64 ↓	2.76-4.60
FVC	l	2.33	3.54	66 ↓	2.54-4.54
FEV1	l	0.86	2.70	32 ↓↓	1.86-3.54
FEV1/VC	%	36.68	74.14	49 ↓	62.3-85.9



**SINDROME  
OSTRUTTIVA**



## Test di broncodilatazione o reversibilità

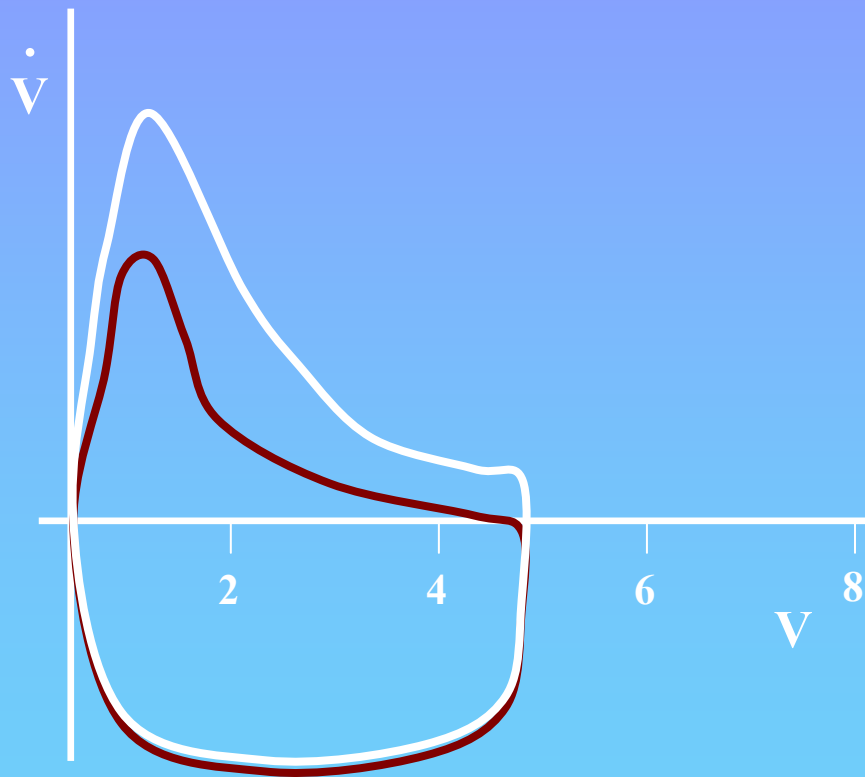
---

**Si effettua in soggetti con ostruzione bronchiale accertata mediante esame spirometrico, somministrando un farmaco broncodilatatore  $\beta_2$ -agonista a breve durata di azione (es.: 400 mg di salbutamolo) e si ripete la prova di espirazione forzata dopo 15-20 minuti.**



# Test di broncodilatazione o reversibilità

## Valutazione della reversibilità dell'ostruzione

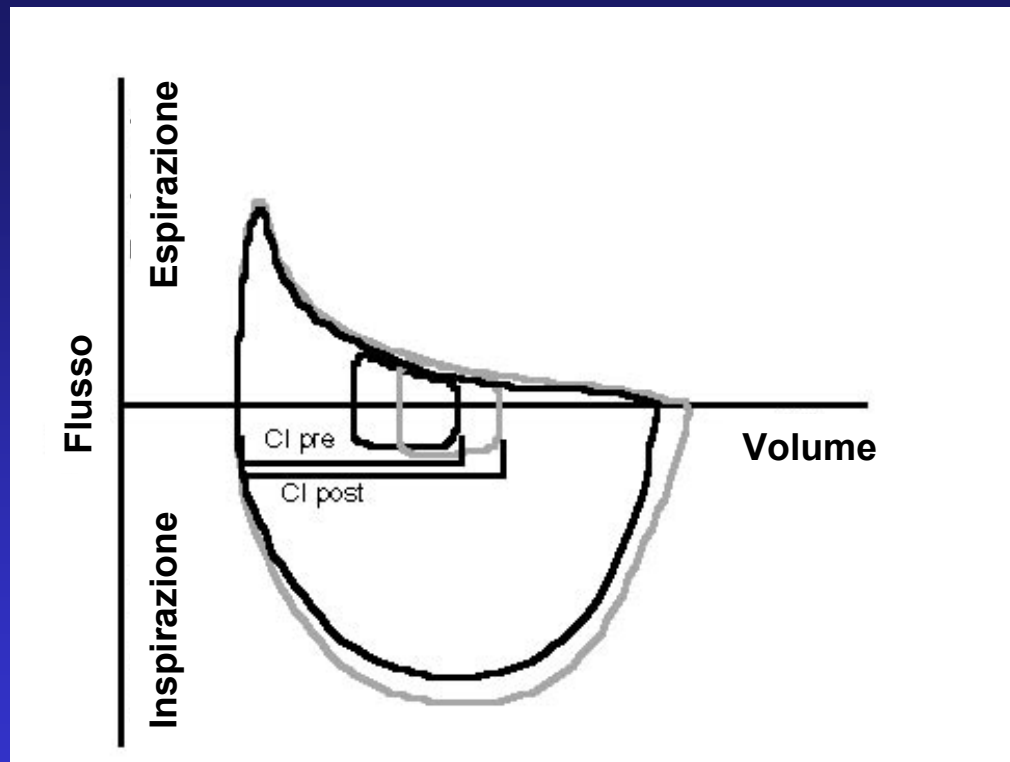


Dopo 20' dalla somministrazione di 200-400 mcg di beta 2 agonista o 80 mcg di anticolinergico si rivaluta il VEMS con una manovra di espirazione forzata.

Si possono verificare 3 possibilità:

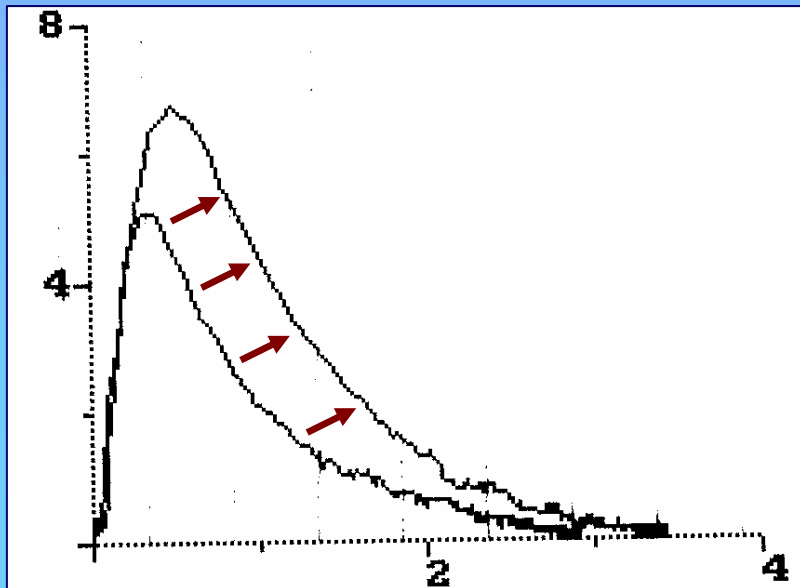
1. il FEV1 aumenta di  $> 12\%$  e 200 ml rispetto al basale tornando a valori normali ( $> 80\%$  del predetto): DEFICIT VENTILATORIO DI TIPO OSTRUTTIVO COMPLETAMENTE REVERSIBILE. (tipica dell'Asma bronchiale)
2. il FEV1 è aumentato del 12% o di 200 ml rispetto al valore basale ma resta  $< 80\%$  del teorico e VEMS/CVF  $< 70$ : DEFICIT VENTILATORIO DI TIPO OSTRUTTIVO PARZIALMENTE REVERSIBILE. (tipico della BPCO parzialmente reversibile)
3. il FEV1 aumenta  $< 12\%$  o di 200 ml rispetto al valore basale: DEFICIT VENTILATORIO NON REVERSIBILE. (tipico della BPCO non reversibile)

# Test di broncodilatazione o reversibilità



# Esempio di interpretazione di spirometria n. 2b

		oss.	teorici	%	lim.	post-br	%/oss
VC	l	3.09	3.98	78	3.06-4.90		
FVC	l	2.92	3.83	76	2.83-4.83	3.43	117
FEV1	l	1.93	2.92	66	2.08-3.76	2.36	122
FEV1/VC	%	62.52	74.14	84	62.3-85.9		

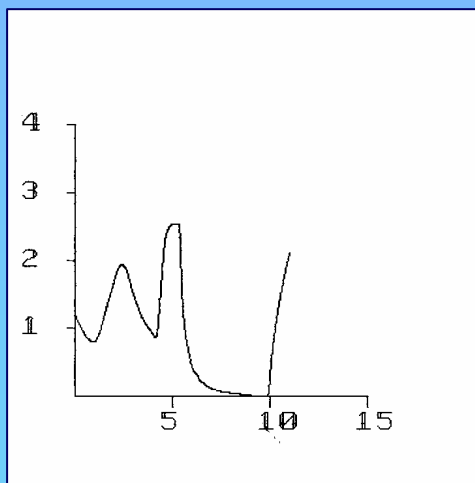


**OSTRUZIONE BRONCHIALE  
REVERSIBILE**

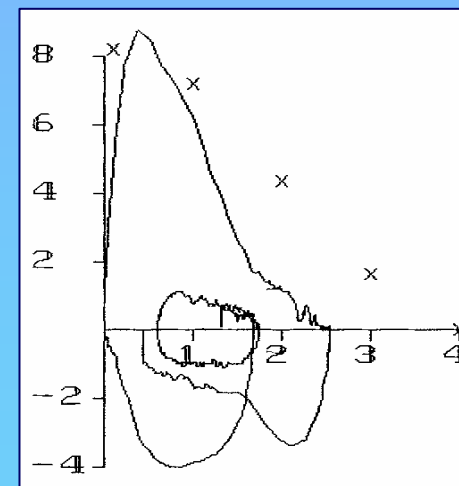
# Esempio di interpretazione di spirometria n. 3

		oss.	teorici	%	lim.
VC	l	2.56	4.18	61 ↓	3.26-5.10
FVC	l	2.56	4.01	64 ↓↓	3.01-5.01
FEV1	l	2.29	3.22	71 ↓	2.38-4.06
FEV1/VC	%	89.26	77.36	115 ↑	65.6-89.2

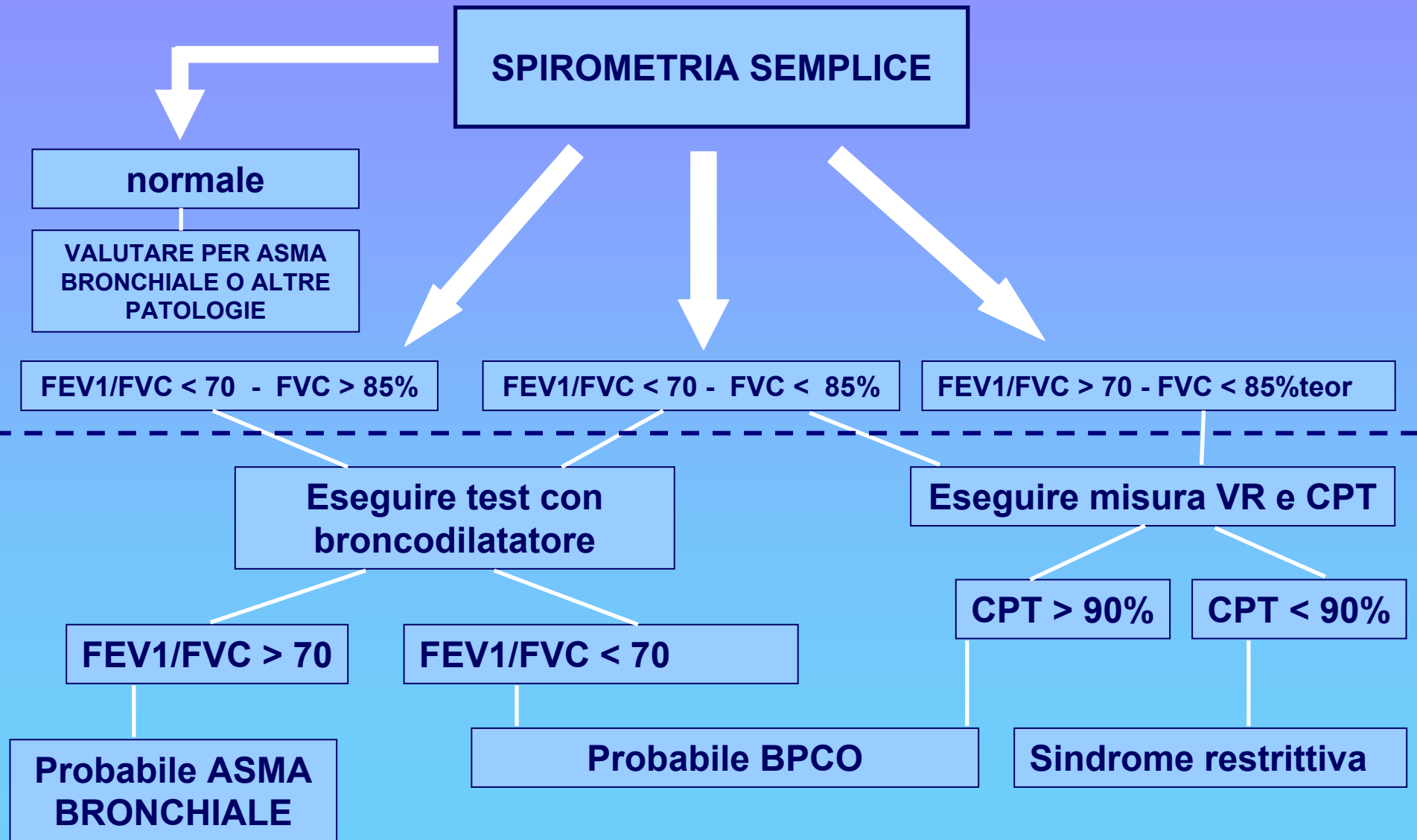
RV	l	0.90	2.20	41 ↓	1.53-2.88
FRC	l	2.10	3.45	61	2.46-4.44
TLC	l	3.47	6.51	53 ↓	5.36-7.66
RV/TLC	%	26.08	35.04	74	26.0-44.0



**SINDROME  
RESTRITTIVA**



# Flow chart per l'interpretazione delle prove spirometriche



# Test di provocazione bronchiale

---

**Si effettua nei soggetti che si sospetta (anamnesi positiva) essere affetti da iperreattività bronchiale e che presentano un quadro funzionale normale al momento dell'osservazione.**

# Test di provocazione bronchiale

---

**Esistono delle controindicazioni **assolute** (VEMS < 50% del predetto o < 1 L; IMA nei 3 mesi precedenti; ipertensione non controllata; aneurisma aortico noto) e **relative** (VEMS < 60 % del predetto o < 1.5 L; incapacità di effettuare una manovra corretta; gravidanza; allattamento; terapie con inibitori delle colinesterasi)**

# Test di provocazione bronchiale

---

Il test consiste nel far inalare per 2 minuti al soggetto per via aerosolica durante ventilazione a VC un agente broncocostrittore (metacolina, istamina, soluzioni iperosmolari) raddoppiando le concentrazioni (0.03 - 0.0625 - 0.125 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 16 mg/ml) ogni 5 minuti.

Dopo circa 30 e 90 secondi si esegue una spirometria per il calcolo del VEMS.

Si considera significativa una caduta del VEMS > 20%.



# Classificazione del test di provocazione bronchiale

---

<b>PC 20 FEV1 (mg/ml): concentrazione provocativa</b>	<b>PD 20 FEV1 (mcg): dose provocativa</b>
<b>NORMALE: &gt; 16 mg/ml</b>	<b>NORMALE: &gt; 1600 mcg</b>
<b>BORDERLINE: 4-16 mg/ml</b>	<b>LIEVE: 400-1600 mcg</b>
<b>LIEVE (test positivo): 1-4 mg/ml</b>	<b>MODERATO: 100-400 mcg</b>
<b>MODERATO-GRAVE: &lt; 1 mg/ml</b>	<b>GRAVE: 50-100 mcg</b>

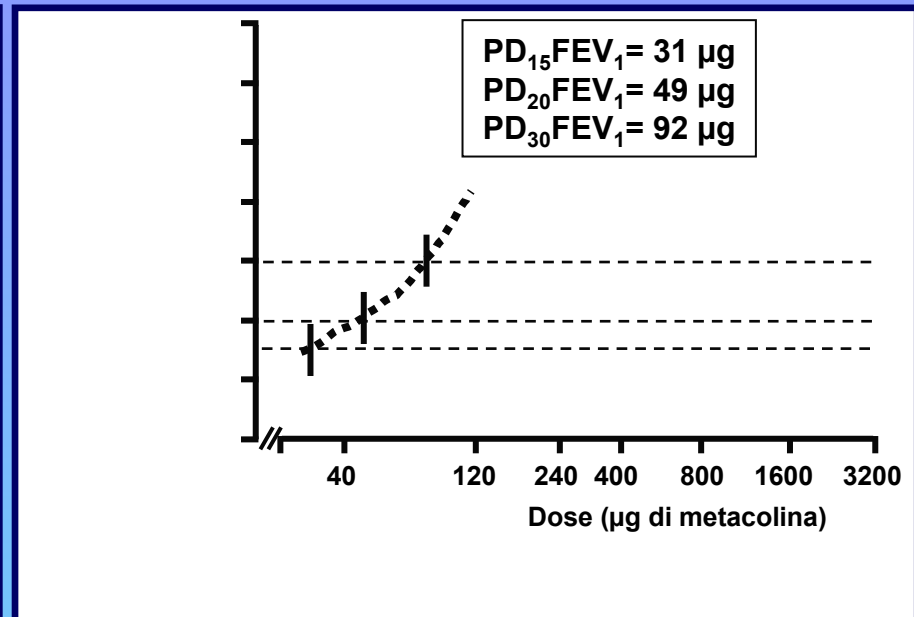
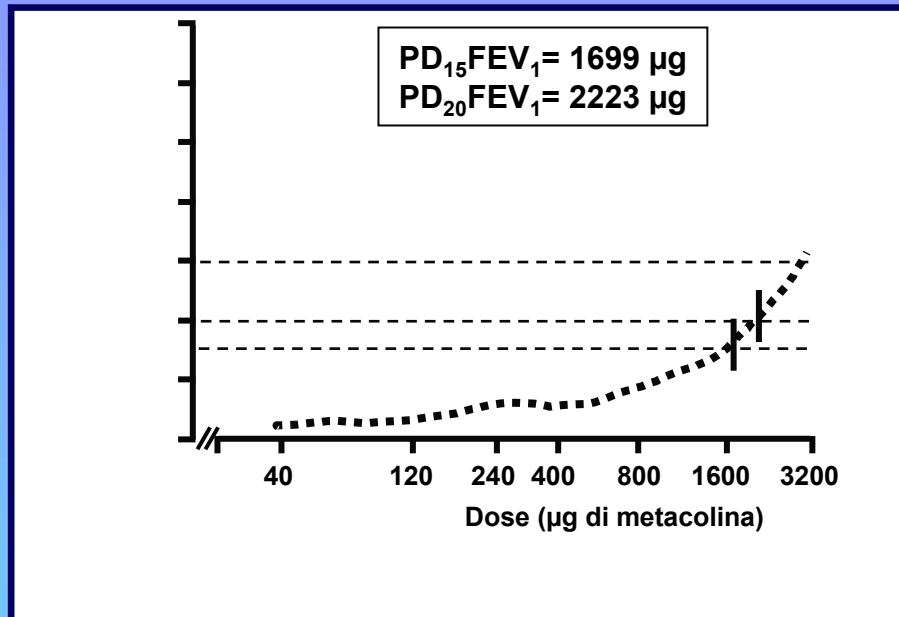
# Test di provocazione bronchiale

---

- **molto sensibile (se negativa escludo asma)**
- **poco specifica (responsività bronchiale può essere presente anche in BPCO, scompenso cardiaco, fibrosi cistica, rinite allergica)**

# Iperreattività bronchiale

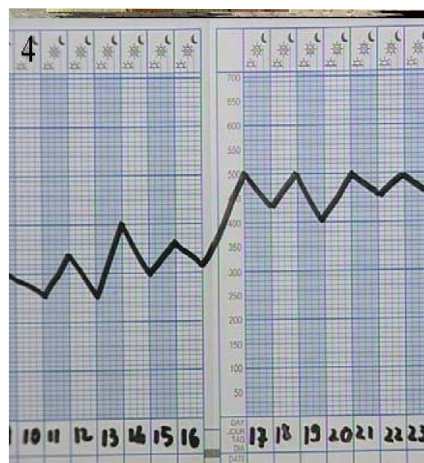
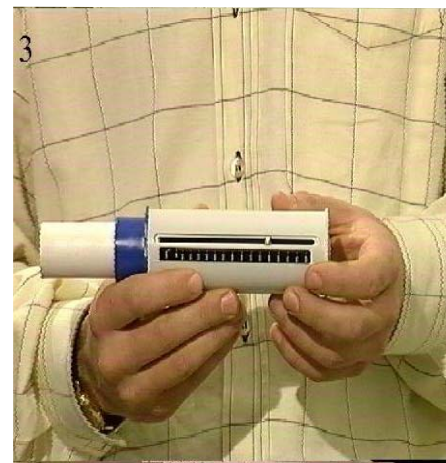
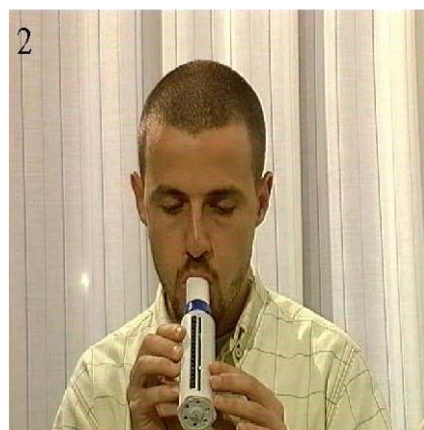
## *Curve dose-risposta alla metacolina*



Nel pannello di sinistra è raffigurata la curva dose-risposta del test alla metacolina in un soggetto normale e, nel pannello di destra, quella di un soggetto con asma.

# Picco di Flusso Espiratorio

## *Misurazione e significato del picco di flusso*



Strumento maneggevole, di poco costo e semplice utilizzo che misura la massima velocità di flusso espiratoria raggiunta durante una espirazione forzata (PEF o PEFr) e il volume espiratorio massimo nel primo secondo (VEMS) più specifico perché sforzo indipendente.

Mezzo utile per seguire l'andamento della malattia asmatica nel tempo con valutazione bi-giornaliera.

# Test di funzionalità respiratoria

## *La Ventilazione*

---

### **Prove di Funzionalità Ventilatoria**

- **Volumi polmonari statici**
- **Volumi polmonari dinamici**
  - **Test di espirazione forzata**
  - **Test di reversibilità**
  - **Picco di flusso espiratorio**
  - **Test di iperreattività bronchiale**

### **Test di performance dei muscoli respiratori**

# Test di performance dei muscoli respiratori

---

<b>Contrattilità</b>	<b>Endurance</b>
<b>Dipendenti dalla volontà:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- MIP, MEP</li><li>- P<sub>di max</sub></li></ul>	<b>Dipendenti dalla volontà:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- respirazione contro resistenze</li></ul>
<b>Indipendenti dalla volontà:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- P<sub>di twich</sub></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- massima ventilazione sostenibile (MSVV)</li><li>- massima ventilazione volontaria (MMV)</li></ul>

# Test di performance dei muscoli respiratori

---

- **MIP:** misura la massima pressione negativa che può essere generata da uno sforzo inspiratorio. Misura la forza del diaframma, dei muscoli inspiratori intercostali e degli altri muscoli inspiratori accessori.
- **MEP:** misura la massima pressione positiva che può essere generata da uno sforzo espiratorio. Misura la forza dei muscoli addominali e degli altri muscoli espiratori accessori.

# Test di performance dei muscoli respiratori

## *Alterazioni di MIP e MEP*

---

- **Malattie neuromuscolari (SLA, Distrofia Muscolare)**
- **Prolungato ricovero in rianimazione**
- **BPCO**
- **Tireopatie**
- **Scompenso cardio-circolatorio**



# Test di funzionalità polmonare

---

## **Gli scambi gassosi:**

### **Diffusione**

- **Metodo del respiro singolo**

### **Emogasanalisi arteriosa**

# Capacità di diffusione

---

**Il processo di diffusione dell'O<sub>2</sub> e della CO<sub>2</sub> dall'ambiente alveolare al sangue capillare e viceversa si sviluppa attraverso la membrana alveolo-capillare. I test di diffusione valutano l'integrità di tale membrana.**

**Lo scambio dei gas attraverso tale barriera avviene tramite in meccanismo di diffusione passiva.**

# Capacità di diffusione

## *Legge di Fick*

---

La capacità di diffusione (DL) attraverso i tessuti è descritta dalla legge di Fick che indica la quantità di gas che passa la membrana nell'unità di tempo:

$$\text{Vol. gas} = A/T \times \Delta p \times D$$

- direttamente proporzionale alla superficie del letto capillare (A) in contatto con gli alveoli (portata ematica e contenuto in Hb) e cioè alla superficie di scambio, alla costante di diffusione del gas (D) ed alla differenza di pressione parziale del gas ( $\Delta p$ ) tra i due lati della membrana.
- inversamente proporzionale allo spessore della membrana (T).

# Capacità di diffusione

## *Metodo del respiro singolo*

---

**La DL viene valutata generalmente impiegando monossido di carbonio (CO), dotato di altissima affinità per l'Hb (DLCO).**

**Il test di diffusione del monossido di carbonio viene effettuato facendo inalare al soggetto una miscela con CO a bassissime concentrazioni (0.3%) ed elio (He) ad una concentrazione del 10% mediante respiro singolo.**

# Capacità di diffusione

## *Misurazione della Capacità di diffusione*

### Test del singolo respiro

Valuta la quantità di CO che attraversa la barriera alveolo-capillare durante un periodo di apnea di 10" a CPT.

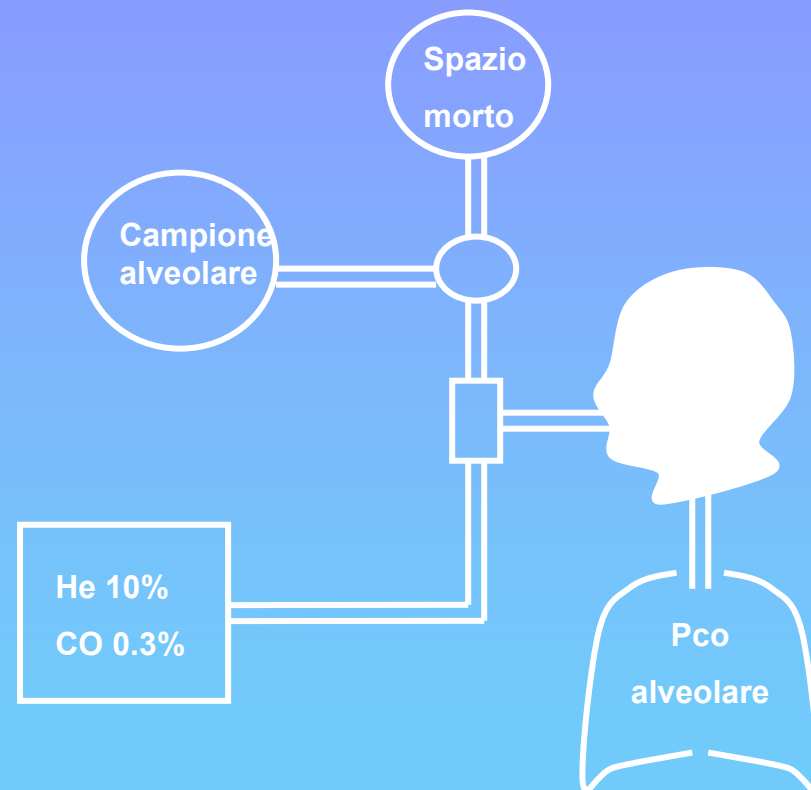
Il soggetto compie 4-5 atti respiratori a VC.

Raggiunge il VR tramite un'espirazione forzata.

Compie un'inspirazione forzata fino a CPT (dopo aver collegato la sorgente del gas test allo spirometro) che il soggetto mantiene per 9-11" dopo i quali segue un'espirazione forzata.

Al termine dell'apnea si invita il soggetto a compiere un'espirazione forzata.

Dal volume di aria espirato vengono tolti i primi 750 ml (spazio morto anatomico e meccanico) e si analizza il successivo litro (rappresentativo del gas alveolare).



# Capacità di diffusione

## *Processi associati nella variazione nella DLCO*

---

### **Riduzione DLCO:**

- **Patologie ostruttive**
- **Patologie restrittive**
- **Malattie sistemiche a coinvolgimento polmonare**
- **Patologie cardiovascolari**
- **Altre: anemia, IRC, dialisi, fumo di marijuana, ingestione acuta e cronica di etanolo, cocaina, fumo di sigaretta, BOOP.**

### **Incremento DLCO:**

- **Policitemia**
- **Emorragia polmonare**
- **Patologie associate ad aumentato flusso ematico (Shunt sn-ds)**
- **Esercizio fisico**
- **Postura (aumento dal 5-30% nel passaggio da seduto a supino)**

# Capacità di diffusione

## *Criteri di accettabilità*

---

- Fase inspiratoria in meno di 4 secondi raggiungendo un volume > 90% CV
- Mantenere il respiro a CPT per 9-11 secondi senza segni di perdita d'aria
- Fase espiratoria in meno di 4 secondi
- Scarto dei primi 750 ml di aria eliminata
- Variabilità del 5-6%

# Classificazione di gravità delle alterazioni della DLCO

---

<b>Aumentato</b>	<b>&gt;140% del predetto</b>
<b>Normale</b>	<b>81-140% del predetto</b>
<b>Limiti inferiori della norma</b>	<b>76-80% del predetto</b>
<b>Riduzione lieve</b>	<b>61-75% del predetto</b>
<b>Riduzione moderata</b>	<b>41-60% del predetto</b>
<b>Riduzione severa</b>	<b>&lt;40% del predetto</b>



# Capacità di diffusione

---

$$DLCO/V_a = KCO$$

- La DLCO si riduce con perdite effettive di volume ( $V_a$ ).
- La specificità aumenta se si considerano sia la DLCO che l'indice di membrana KCO ( $KCO = DLCO/V_a$ ) che rappresenta la parte di CO assorbita per litro di effettivo volume alveolare.
- Usato soprattutto per lo studio delle malattie interstiziali polmonari.
- Nei quadri restrittivi extrapolmonari (malattia della pleura, anomalie della cassa toracica e malattie neuromuscolari) il KCO tende ad essere aumentato.

# Test di funzionalità polmonare

---

## **Gli scambi gassosi:**

### **Diffusione**

- **Metodo del respiro singolo**

### **Emogasanalisi arteriosa**

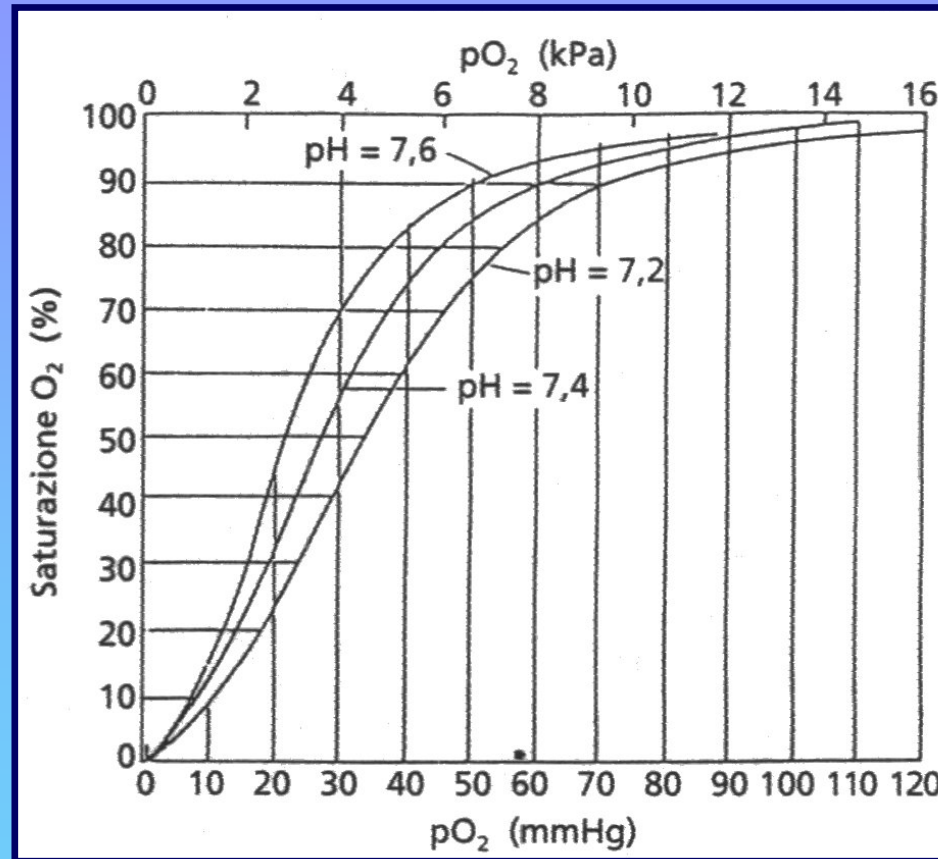
# Emogasanalisi arteriosa

## *Valori di normalità*

---

- **pH**            7,40 (7,37-7,42)
- **PaO<sub>2</sub>**        80 - 100 mmHg
- **PaCO<sub>2</sub>**        35 - 45 mmHg
- **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**        22 - 26 mEq/L
- **BE**             -1 / +1

# Curva di dissociazione dell'Hb



# Le prove di funzionalità respiratoria

---

- **La Ventilazione:**
  - Prove di Funzionalità Ventilatoria
  - Test di performance dei muscoli respiratori
  
- **Gli scambi gassosi:**
  - Test della Diffusione del CO
  - Emogasanalisi arteriosa

# Letture consigliate

---

- **West, J.B., Fisiologia della respirazione – l'essenziale – II Edizione. Piccin**

# Bibliografia

---

1. **American Thoracic Society. Standardization of spirometry 1994 update. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152 (3): 1107-1136**
2. **American Thoracic Society. 1991. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am. Rev. Respir. Dis. 144:1202-1218.**
3. **B.R. Celli, W. MacNee and committee members Eur Respir J 2004; 23: 932-946**
4. **Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of COPD: 2003 update L.M. Fabbri, S.S. Hurd, for the GOLD Scientific Committee Eur Respir J 2003; 22: 1-2.**
5. **Enright PL, Kaminsky DA Strategies for Screening for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Respir Care 2003;48(12):1194 –1201**
6. **Maestrelli. Fisiopatologia della broncopneumopatia cronica ostruttiva. Ann Ist Super Sanità 2003; 39(4):495-506**
7. **Guidelines for Methacoline and Exercise Challenge Testing-1999. American Thoracic Society. Am J Respir Crit Care Med 2000; 161: 309-329**
8. **Single-breath Carbon Monoxide Diffusing Capacity (Transfer Factor). American Thoracic Society. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152: 2185-98**