

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

**“Prove di  
Funzionalità  
Respiratoria”**



# 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

# Test di funzionalità respiratoria

## *La Ventilazione*

---

### **Prove di Funzionalità Ventilatoria**

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

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

# Volumi polmonari statici

## *Strumentazione*

**Gli spirometri a campana o soffiello 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).**



# Volumi polmonari: *nomenclatura*

---

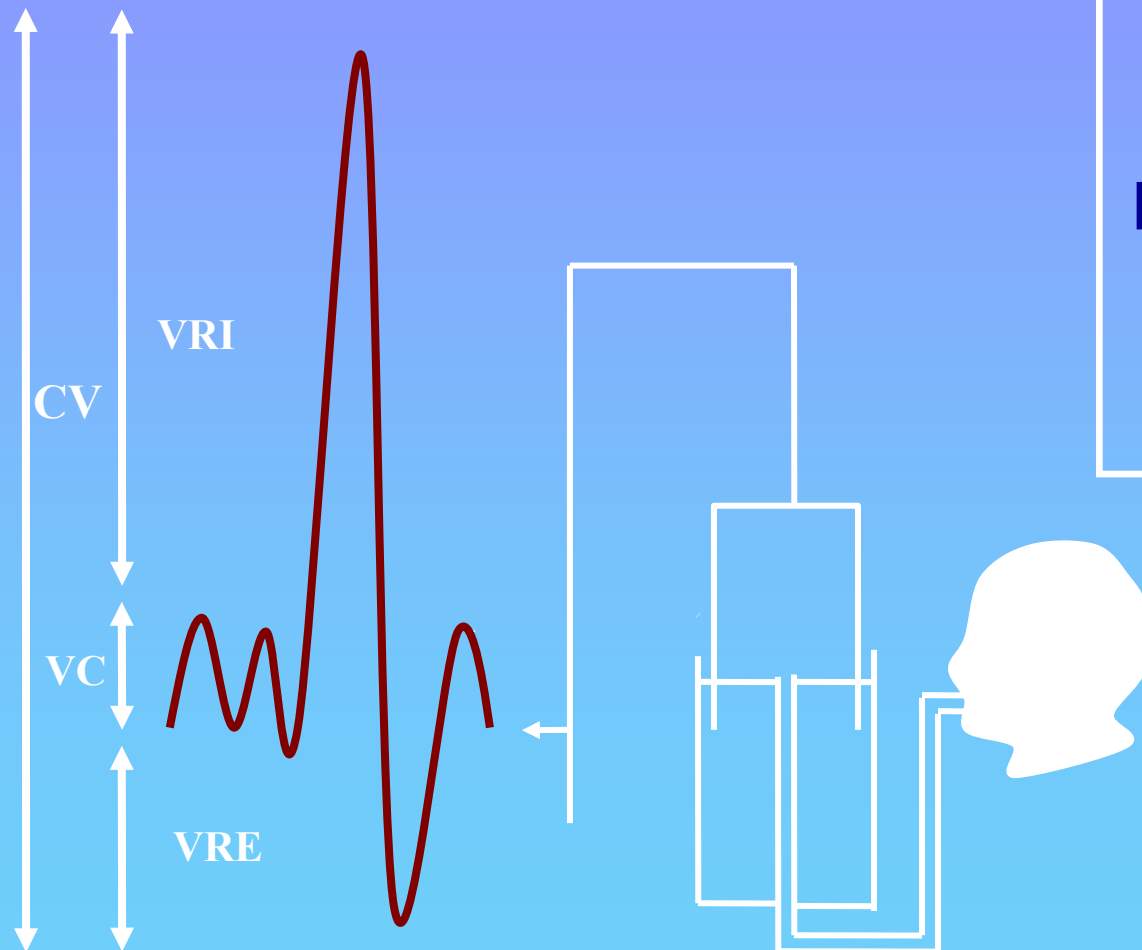
<b>CV</b>	<b>Capacità vitale</b>	<b>VC</b>
<b>VRI</b>	<b>Vol. riserva inspiratoria</b>	<b>IRV</b>
<b>VRE</b>	<b>Vol. riserva espiratoria</b>	<b>ERV</b>
<b>CI</b>	<b>Capacità inspiratoria</b>	<b>IC</b>
<b>VC</b>	<b>Volume corrente</b>	<b>V<sub>T</sub></b>
<b>CPT</b>	<b>Cap. polmonare totale</b>	<b>TLC</b>
<b>CFR</b>	<b>Cap. funzionale residua</b>	<b>FRC</b>
<b>VR</b>	<b>Volume residuo</b>	<b>RV</b>
<b>CVF</b>	<b>Cap. vitale forzata</b>	<b>FVC</b>
<b>VEMS</b>	<b>Volume espiratorio forzato 1 s</b>	<b>FEV<sub>1</sub></b>
<b>VR/CPT%</b>	<b>Indice di Motley</b>	<b>RV/TLC%</b>
<b>VEMS/CVF</b>		<b>FEV<sub>1</sub>/FVC%</b>
<b>VEMS/CV%</b>	<b>Indice di Tiffeneau</b>	<b>FEV<sub>1</sub>/VC%</b>



# Lo spirometro

## *Spirometro a campana*

---



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

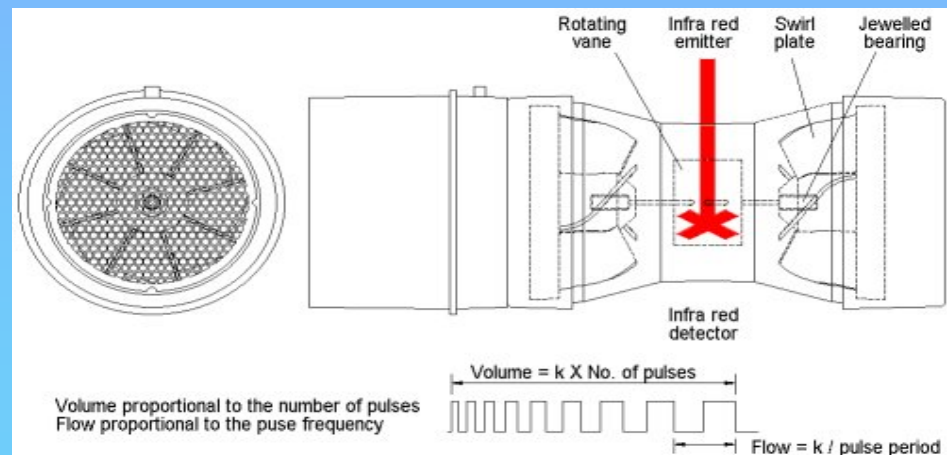
# Volumi polmonari statici

## *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



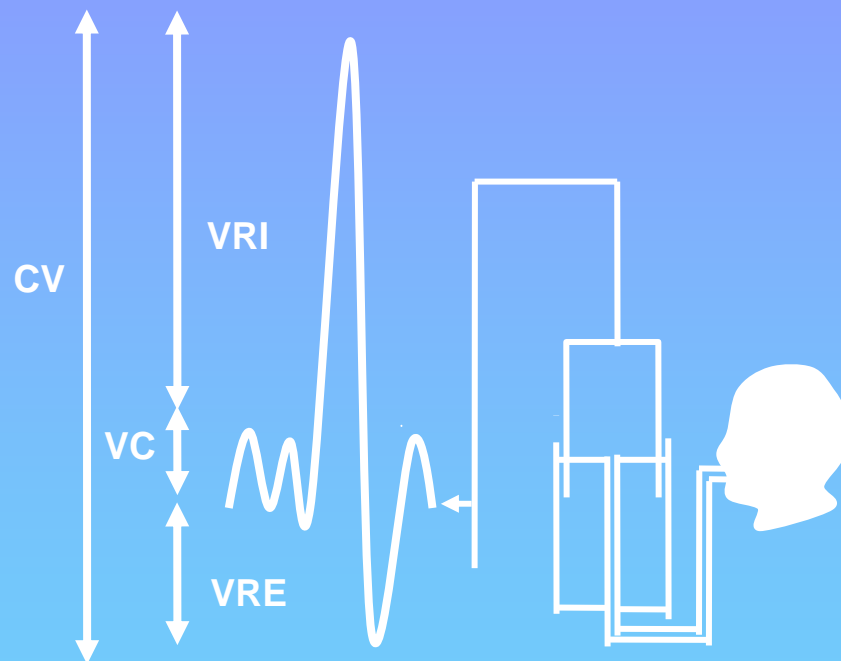
Spirometro a turbina

# Spirometria lenta

## *Parametri e tracciato spirometrico*

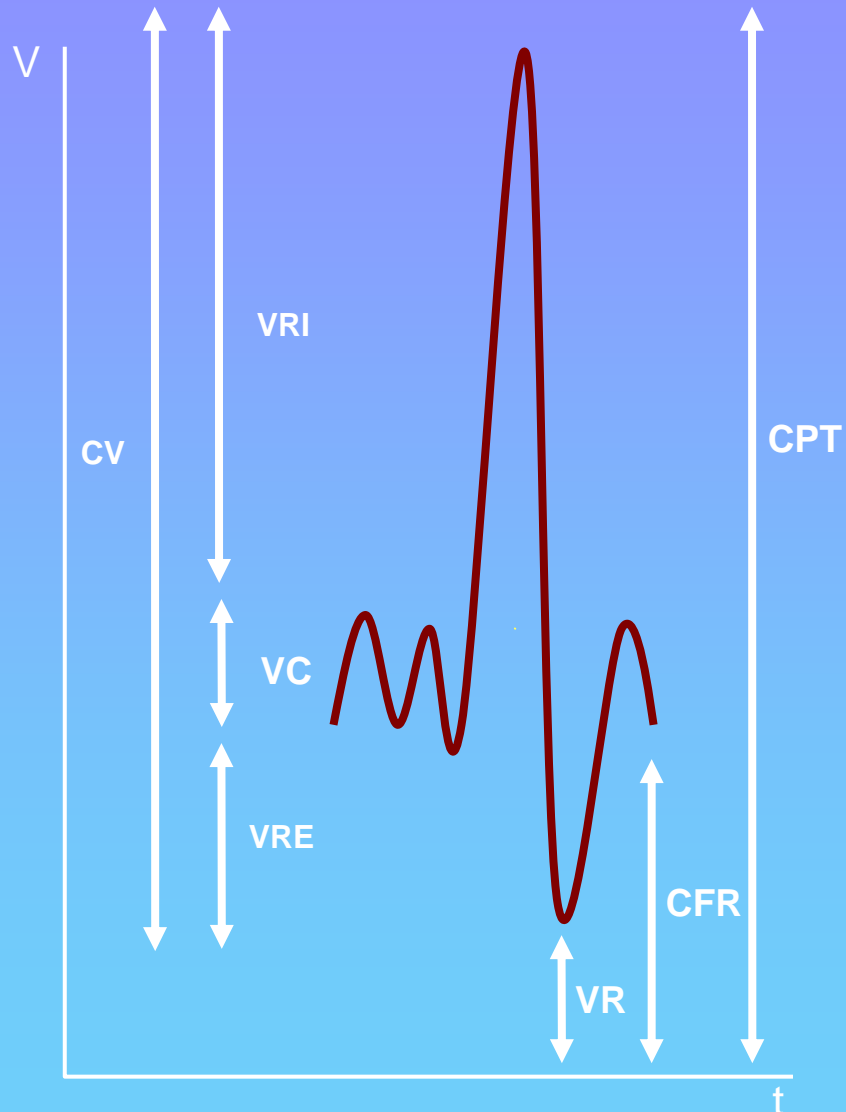
---

### 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:**

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

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



# Volumi polmonari statici

## Misurazione

### Diluizione dell'elio

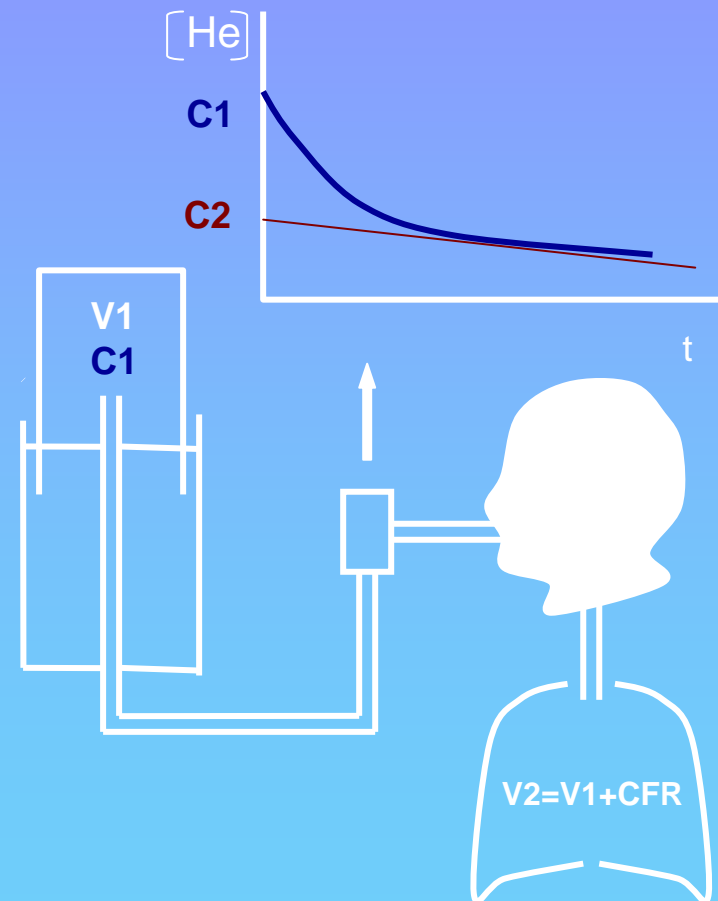
Si collega il paziente allo spirometro al termine di una espirazione lenta (volume polmonare = CFR) .

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**

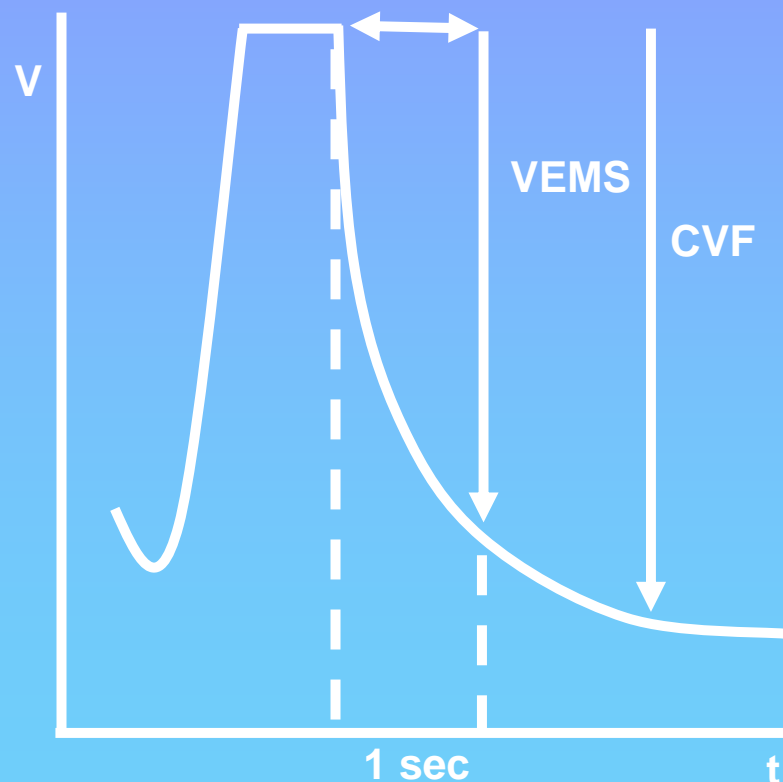
- **Volumi polmonari statici**
- **Volumi polmonari dinamici**
  - **Test di espirazione forzata**
- **Test di reversibilità**
- **Test di iperreattività bronchiale**

### **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 :

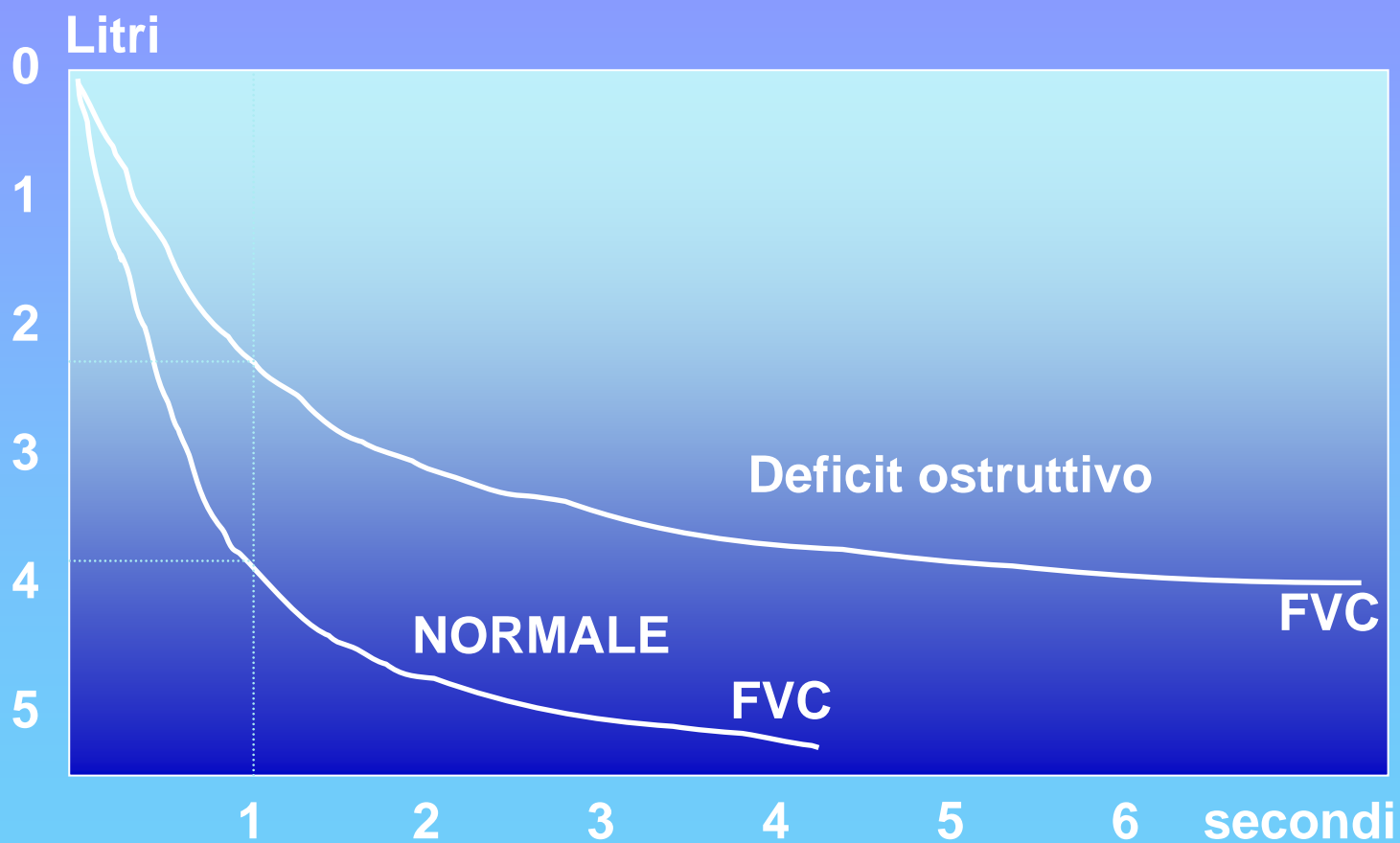
- Il volume espiratorio massimo nel primo secondo: VEMS
- La capacità vitale forzata: CVF
- Il rapporto VEMS / CVF %



# Spirometria: normale e deficit ostruttivo

## *Curva Volume / Tempo*

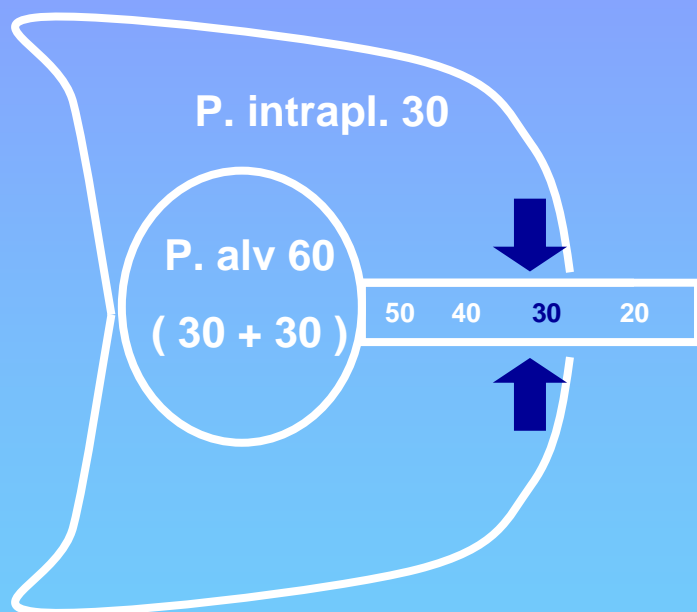
---





# Curva flusso-volume

## *Compressione dinamica delle vie aeree*



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

Durante l'espirazione, la P all'interno delle vie aeree ( $P_{aw}$ ) diminuisce progressivamente per la presenza delle fisiologiche resistenze al flusso.

Lungo le vie aeree c'è quindi un punto in cui la  $P_{aw}$  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 (FVC)</b> Capacità Vitale Forzata	<b>Diminuita</b>	<b>Normale o diminuita</b>
<b>VEMS (FEV1)</b> Volume Espiratorio Massimo nel primo Secondo	<b>Diminuito in modo proporzionale alla CVF</b>	<b>Diminuito più della CVF</b>
<b>VEMS/CVF %</b> <b>(FEV1/FVC%)</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 (RV)</b> Volume Residuo	<b>Diminuito</b>	<b>Aumentato</b>
<b>CPT (TLC)</b> Capacità Polmonare Totale	<b>Diminuito in modo proporzionale alla VR</b>	<b>Normale o lievemente aumentato</b>
<b>VR/CPT %</b> <b>(RV/TLC%)</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
  - bronchite cronica
  - enfisema
- Bronchiectasie

### di tipo RESTRITTIVO

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

# Prove di funzionalità respiratoria: *controllo di qualità*

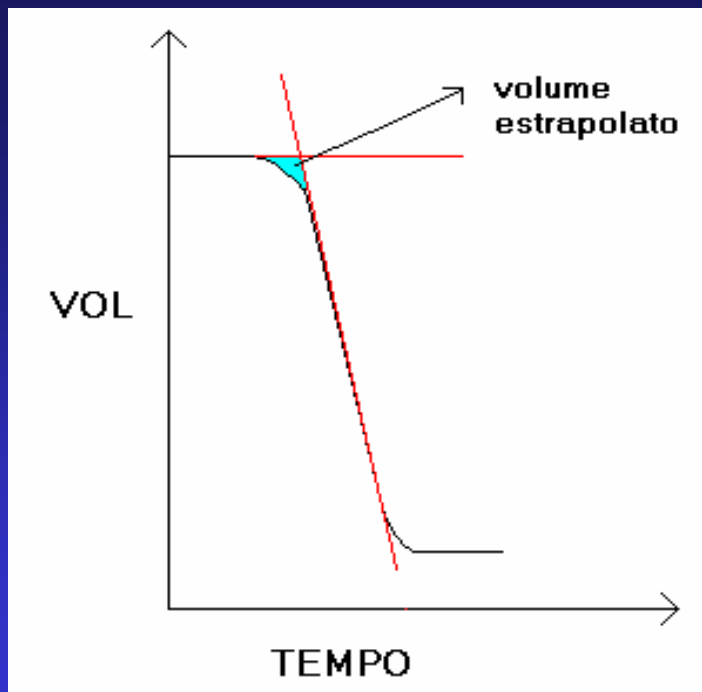
---

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)*

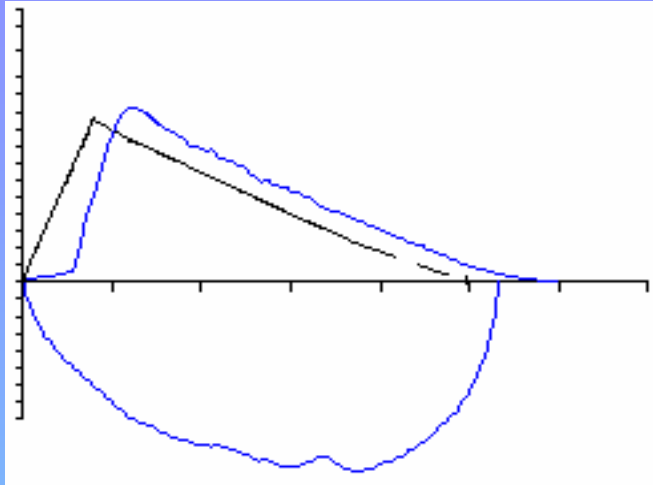


Inizio espirazione senza esitazioni con assenza di perdite espiratorie prima dell'espirazione forzata; il volume estrapolato (area azzurra) non dovrebbe essere superiore al 5% dell' CVF o a 150 ml.

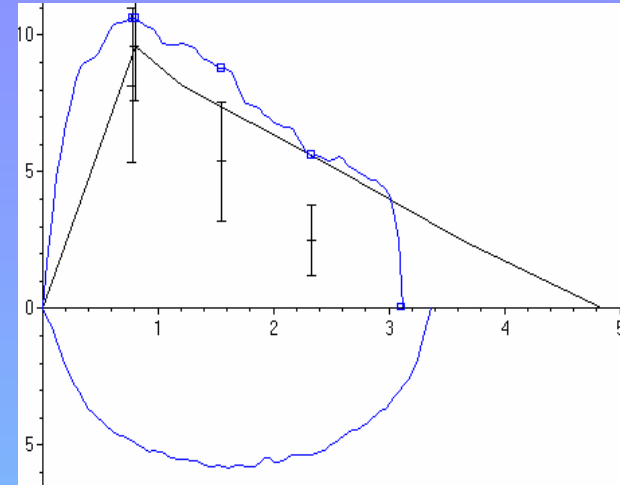
CRITERI DI ACCETTABILITA'	CONTROLLO DI QUALITA'
Inizio espirazione senza esitazioni	Volume estrapolato < 5% dell' CVF o di 150 ml (Intervallo di tempo tra 10-90% PEF <120 ms)*
Adeguate tempo di espirazione	Espirazione > 6 secondi (Espirazione > 4 secondi in particolari casi; bambini, giovani adulti, 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

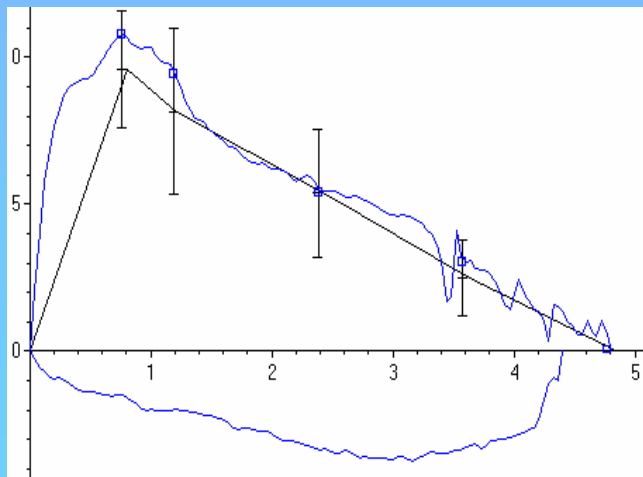
## *Curve Flusso/volume scorrette*



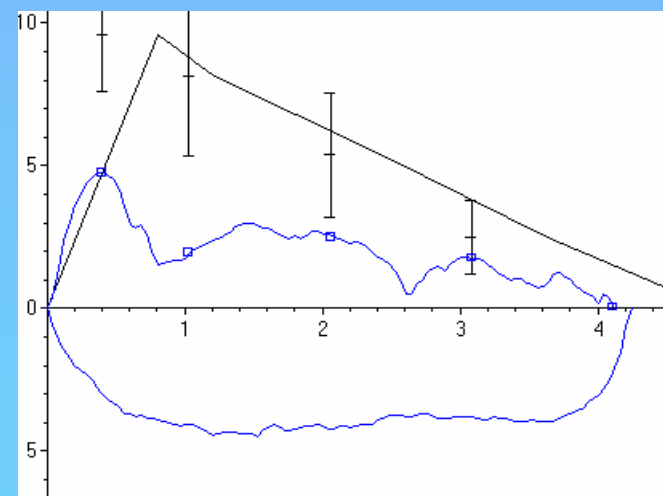
Partenza lenta dell'espirazione



Arresto espirazione prima di 6'



Tosse



Chiusura della glottide

# Test di Funzione Respiratoria

## *Classificazione deficit di tipo ostruttivo*

---

### **VEMS/CVF 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**

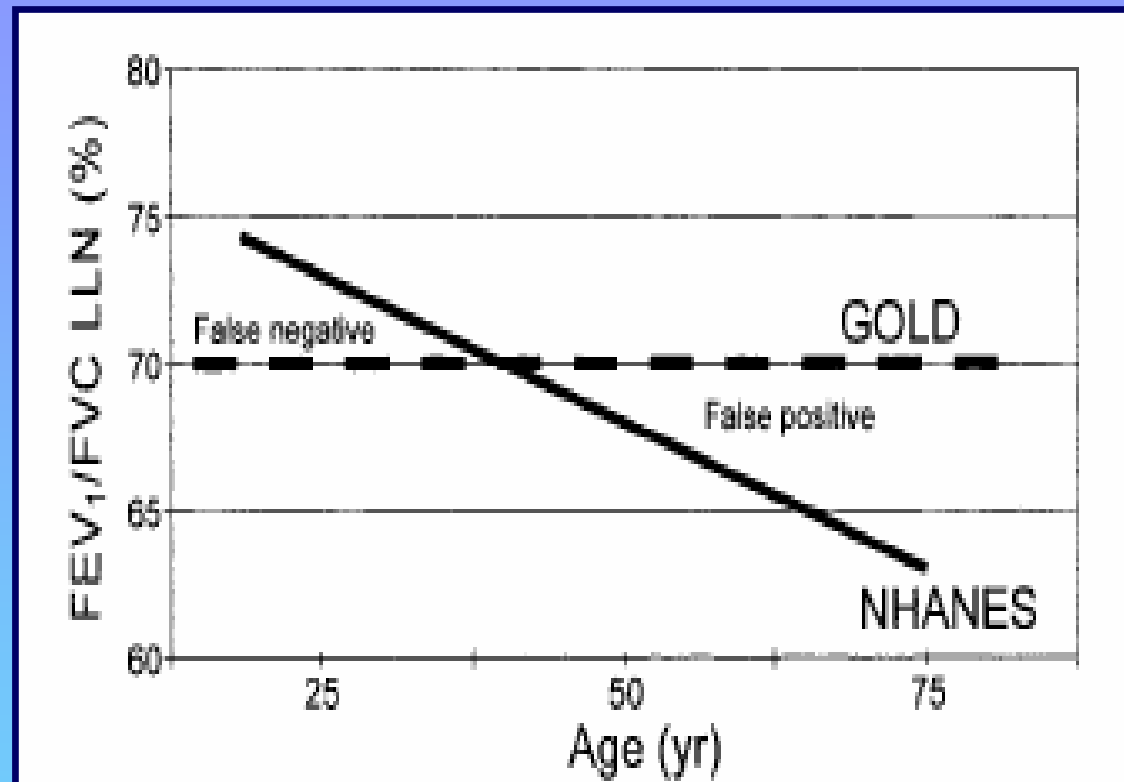
**STADIO 4: VEMS <30% predetto**

**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

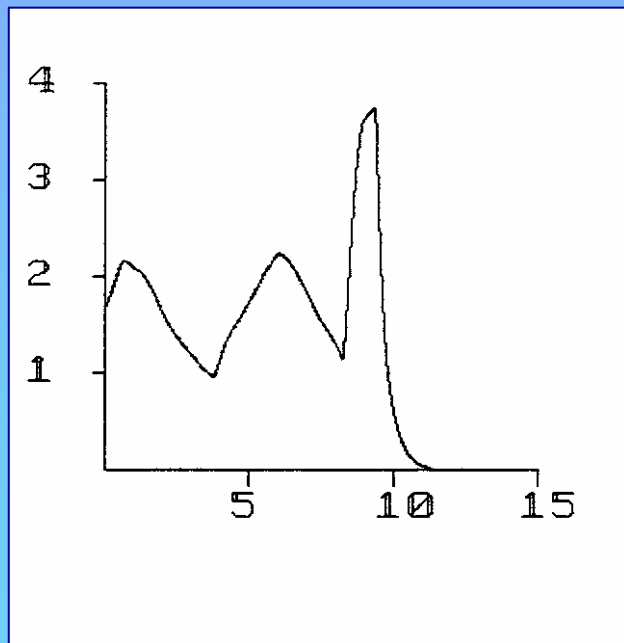
## *Classificazione deficit di tipo restrittivo*

---

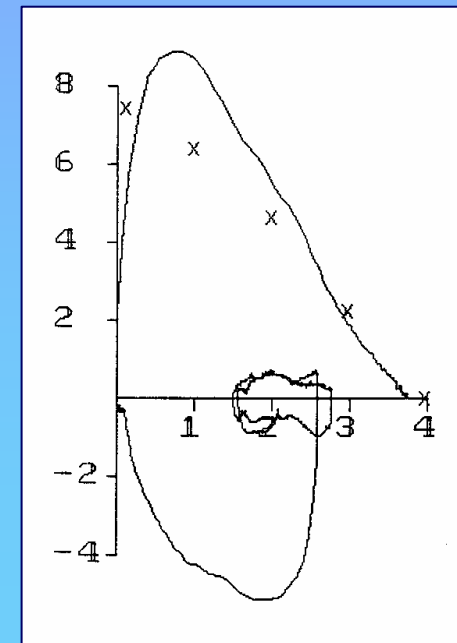
<b>Basata sulla CPT:</b>	<b>Se la CPT non è stata misurata si considera la riduzione della CV e si parla di “restrizione dell’escursione volumetrica dei polmoni”</b>
<b>LIEVE:</b> <b>CPT &lt; predetto ma <math>\geq 70\%</math></b>	<b>LIEVE:</b> <b>CV &lt; predetto ma <math>\geq 70\%</math></b>
<b>MODERATA: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



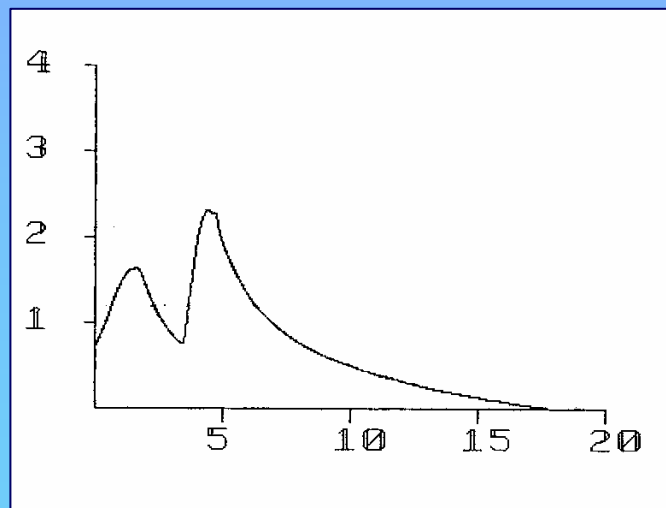
**NORMALE**



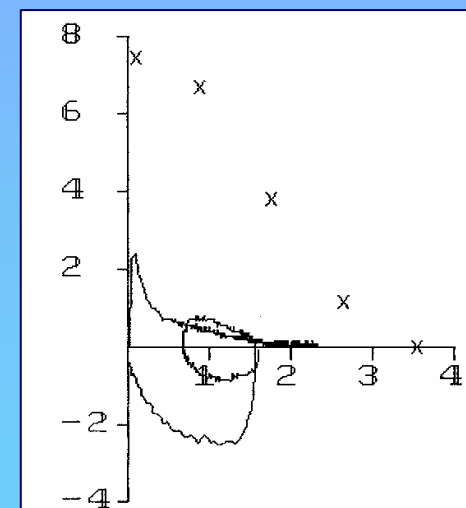


# Esempio di interpretazione di spirometria n. 2a

		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**



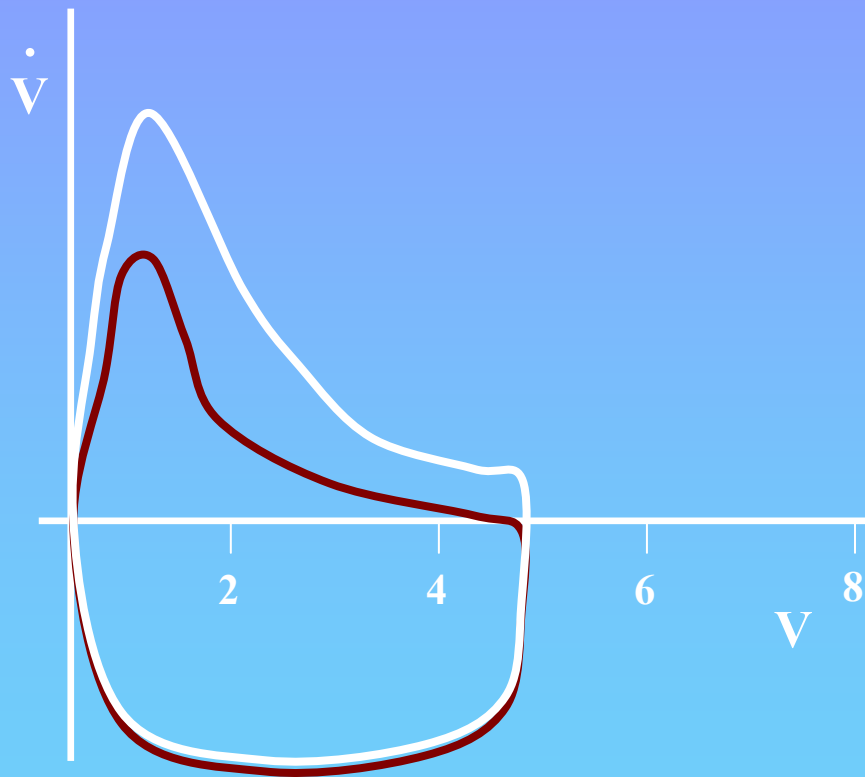
## Test di broncodilatazione o reversibilità

---

**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

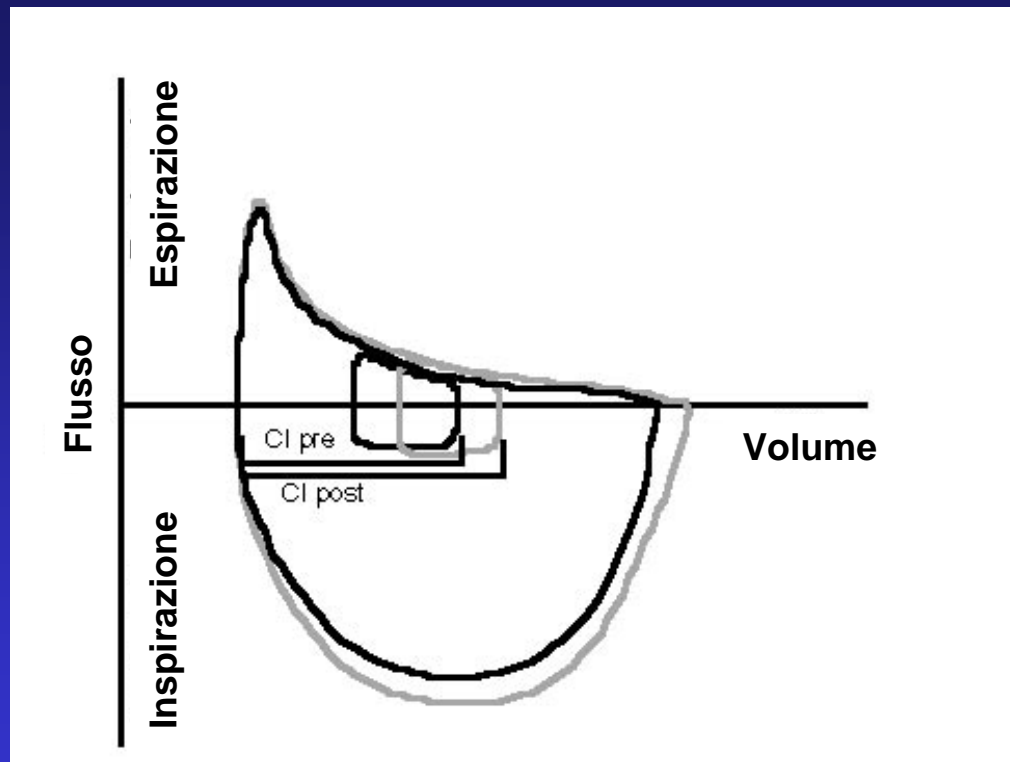


Dopo 20' dalla somministrazione di 200-400 mcg di beta 2 agonista o 80 mcg di anticolinergico si rivaluta il VEMS con una manovra di espirazione forzata.

Si possono verificare 3 possibilità:

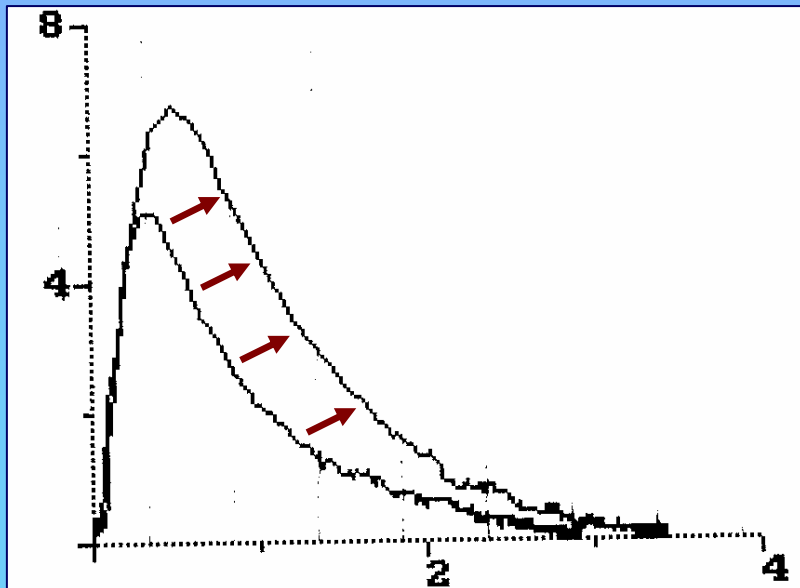
1. il FEV1 aumenta di  $> 12\%$  e 200 ml rispetto al basale tornando a valori normali ( $> 80\%$  del predetto): DEFICIT VENTILATORIO DI TIPO OSTRUTTIVO COMPLETAMENTE REVERSIBILE. (tipica dell'Asma bronchiale)
2. il FEV1 è aumentato del 12% o di 200 ml rispetto al valore basale ma resta  $< 80\%$  del 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		

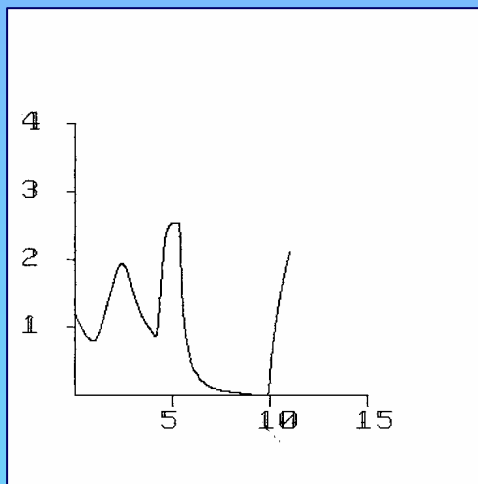


**OSTRUZIONE BRONCHIALE  
REVERSIBILE**

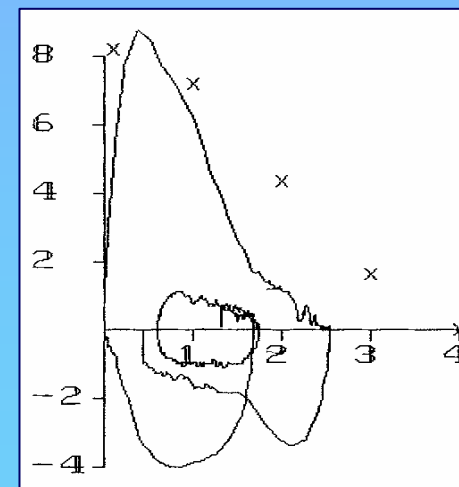
# Esempio di interpretazione di spirometria n. 3

		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

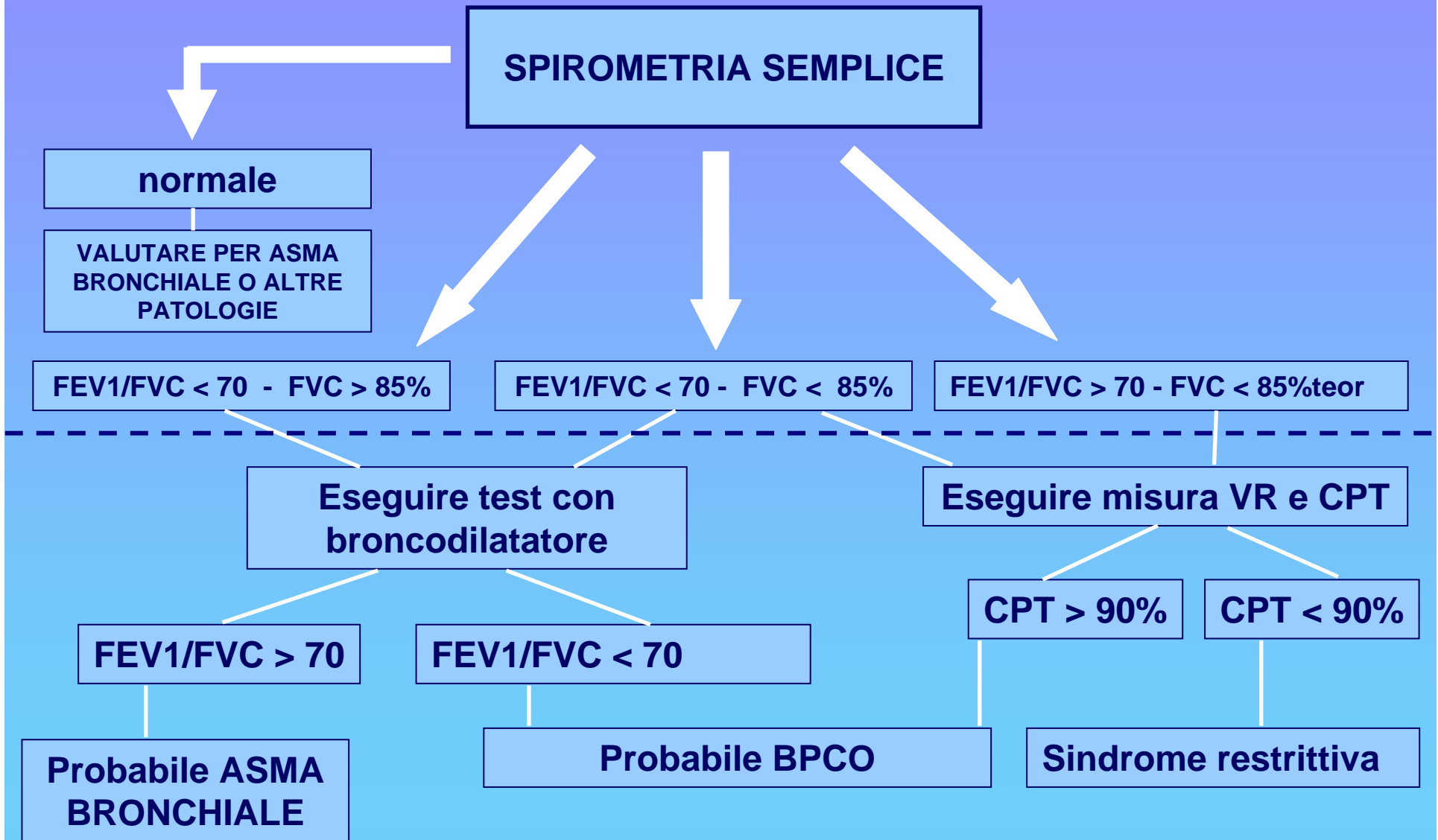
RV	l	0.90	2.20	41 ↓	1.53-2.88
FRC	l	2.10	3.45	61	2.46-4.44
TLC	l	3.47	6.51	53 ↓	5.36-7.66
RV/TLC	%	26.08	35.04	74	26.0-44.0



**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

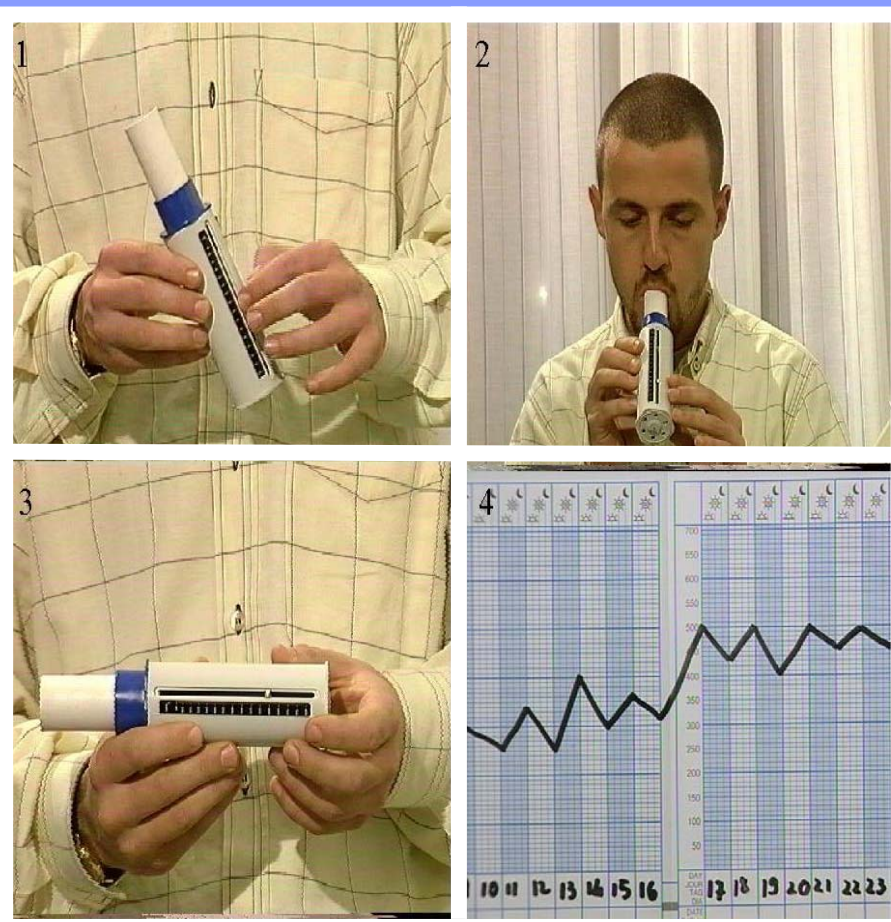
---

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



# 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>- <math>P_{di\ max}</math></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>- <math>P_{di\ twich}</math></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 il meccanismo della 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 di scambio, cioè alla superficie del letto capillare (A) in contatto con gli alveoli (portata ematica e contenuto in Hb), 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.**

\* Misura simultanea del volume alveolare

# 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.

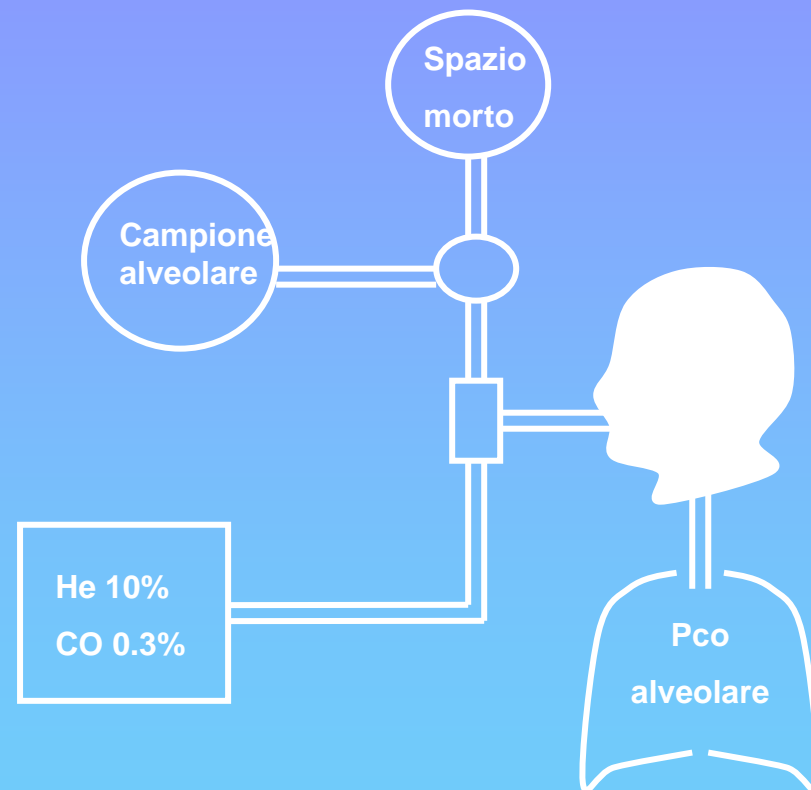
Il soggetto compie 4-5 atti respiratori a VC.

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

## *Criteria 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**

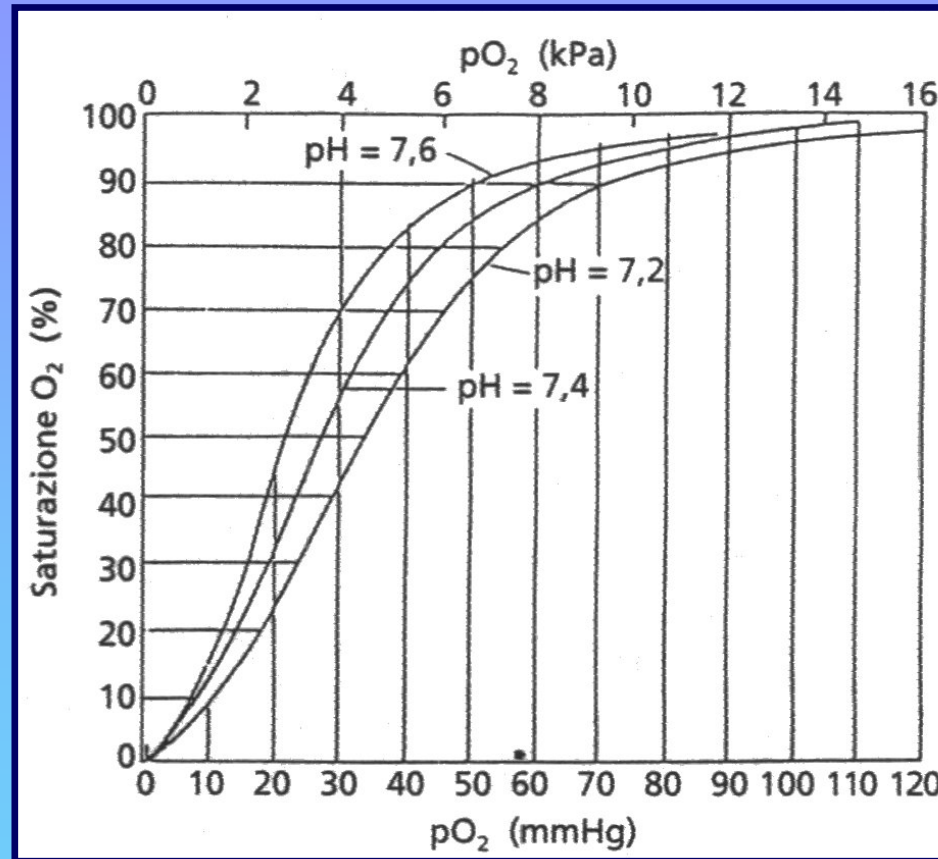
# Emogasanalisi arteriosa

## *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