

Clinica di Malattie dell'Apparato Respiratorio
Dipartimento di Oncologia, Ematologia e Patologie dell'Apparato Respiratorio

Corso Integrato di Malattie dal'Apparato Respiratorio

Prove di funzionalità respiratoria

Bianca Beghé



Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia



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
(mobilizzabili e non mobilizzabili)
- 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 (asma, 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 mobilizzabili**
- **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

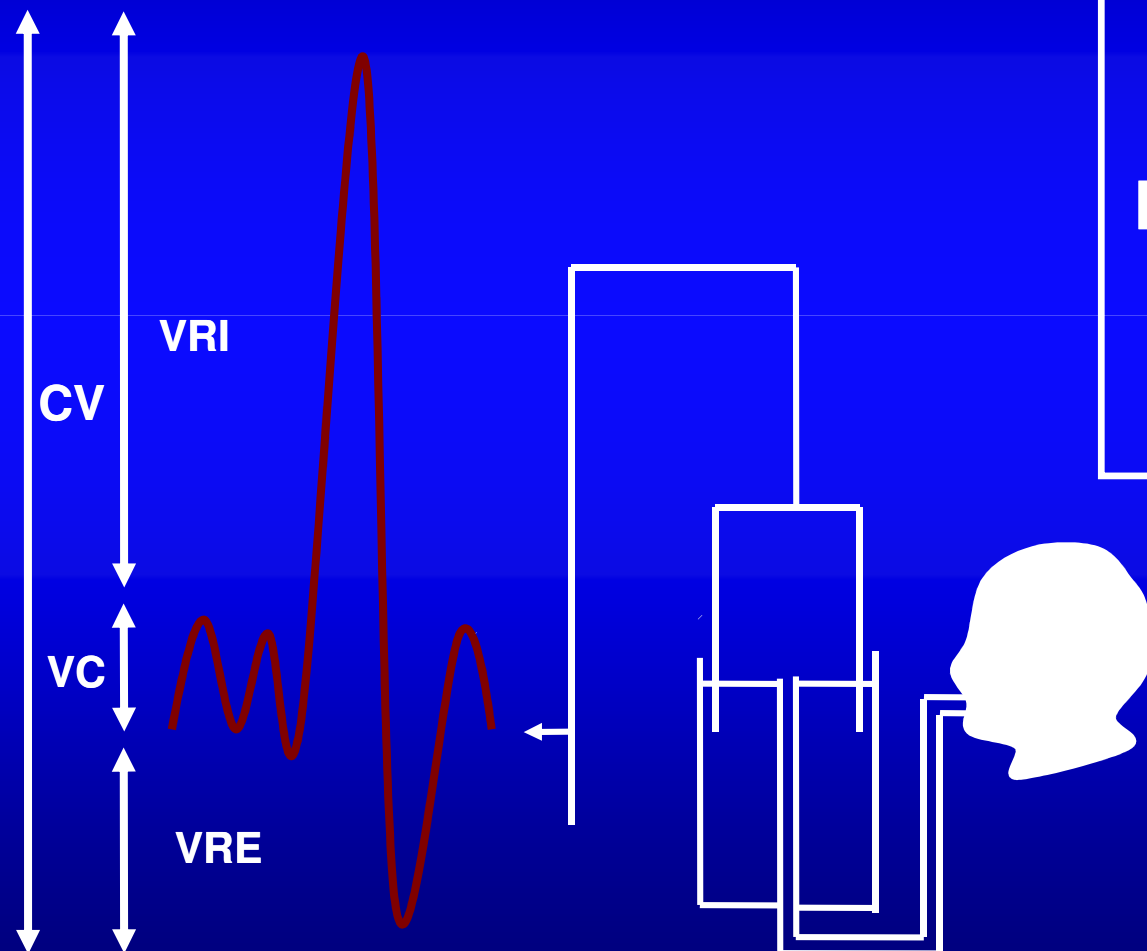
Strumentazione

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

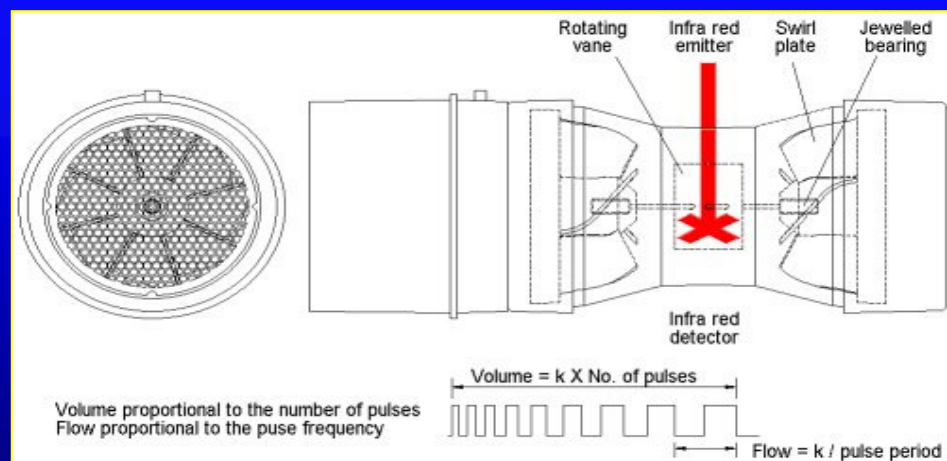
Volumi polmonari statici

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

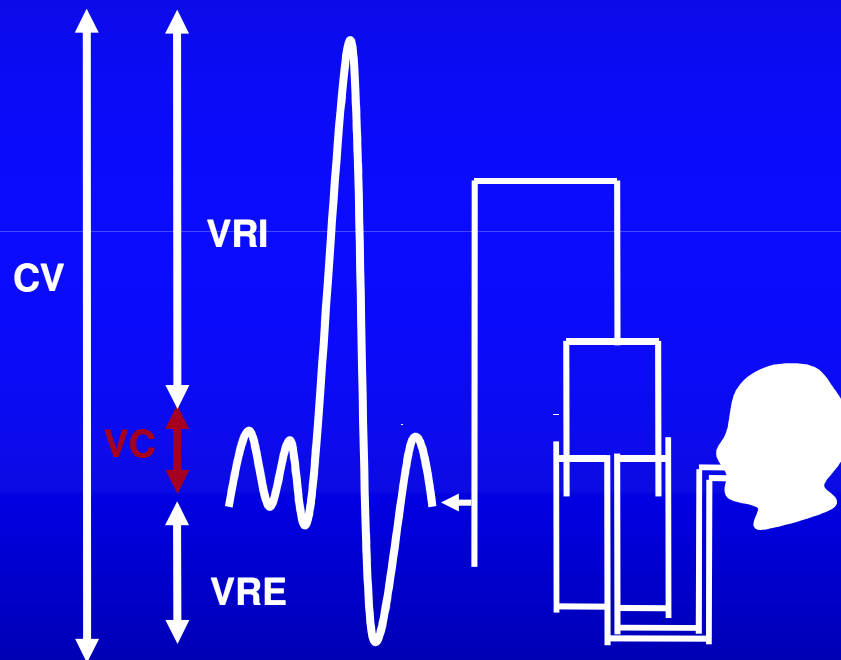


Spirometro a turbina

Spirometria lenta

Parametri e tracciato spirometrico volumi statici mobilizzabili

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 non mobilizzabili

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 non mobilizzabili

Diluizione dell'elio

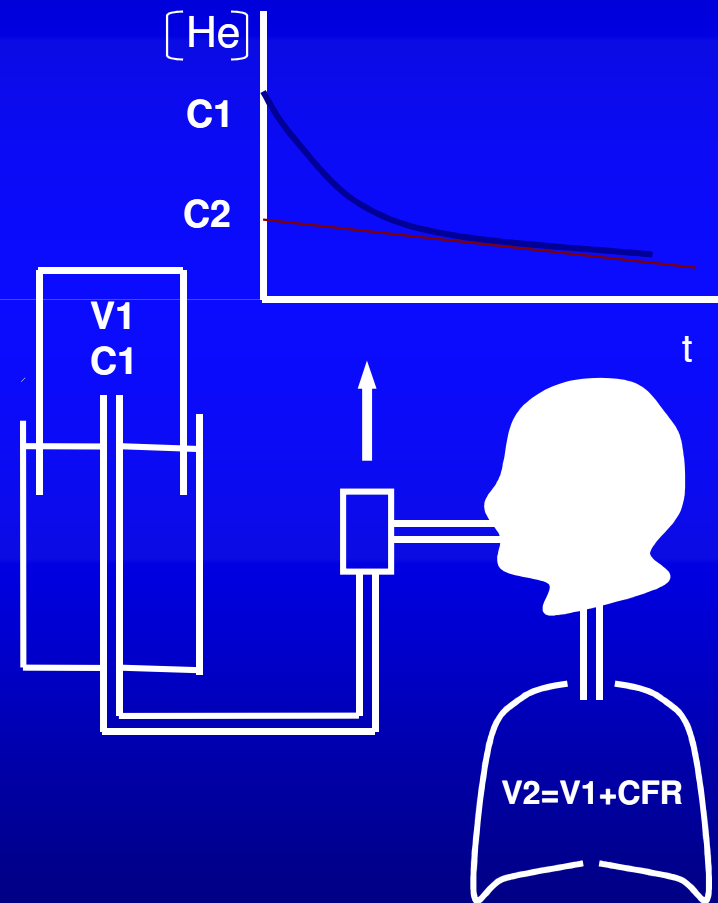
Si collega il paziente allo spirometro al termine di una espirazione lenta (volume polmonare = CFR) .

Sono noti il volume del circuito e la concentrazione iniziale di elio ($m = V_1 \times C_1$).

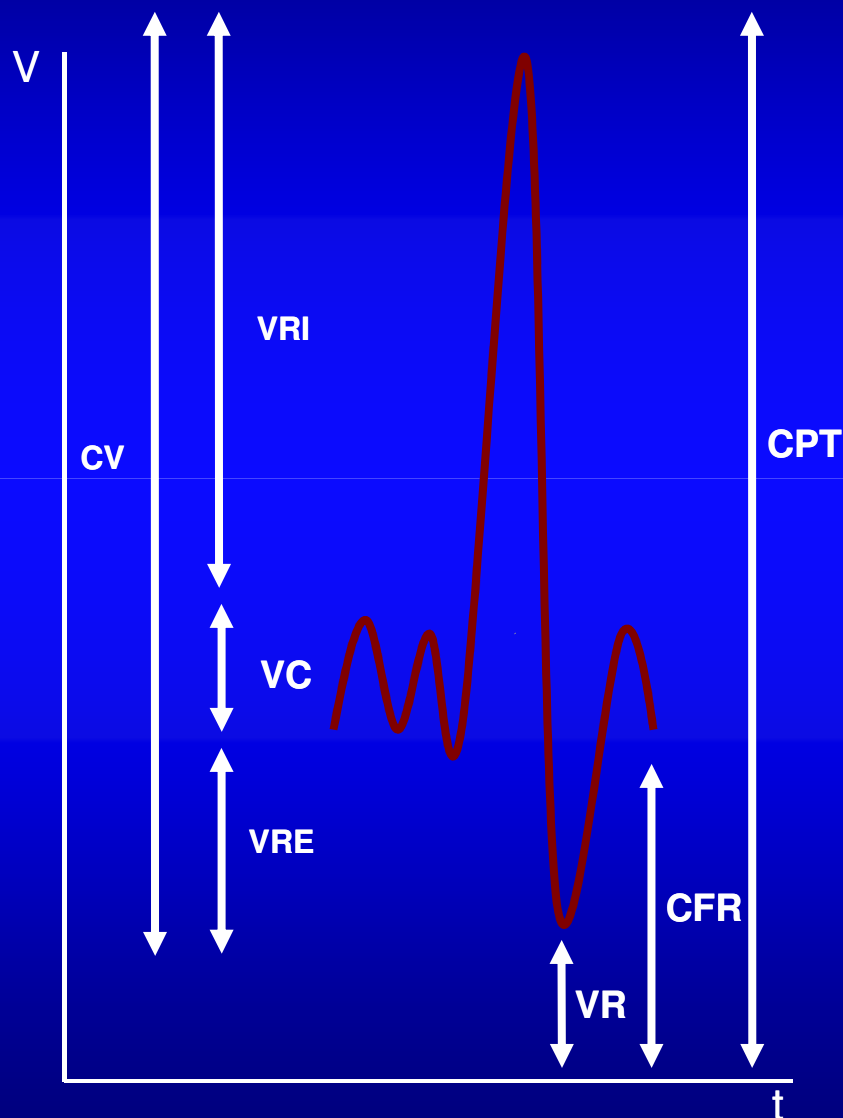
Si fa respirare il paziente fino ad ottenere una omogenea distribuzione del gas. Poiché l'He non si è per nulla disperso la quantità di He presente prima dell'equilibrio ($m = V_1 \times C_1$) uguaglia la quantità all'equilibrio ($m = V_2 \times C_2$).

$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$; essendo $V_2 = V_1 + \text{CFR}$

$\text{CFR} = V_1 \times (C_1 - C_2) / C_2 \rightarrow \text{VR} = \text{CFR} - \text{VRE}$



Volumi polmonari statici non mobilizzabili



Definizioni

- **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.

Test di funzionalità respiratoria

La Ventilazione

Prove di Funzionalità Ventilatoria

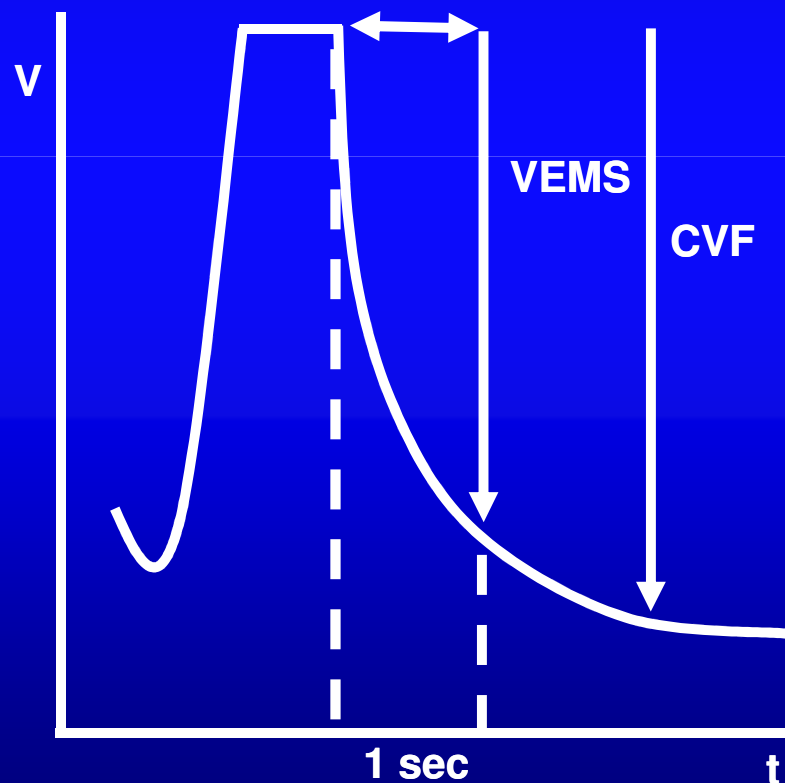
- Volumi polmonari statici
- **Volumi polmonari dinamici**
 - Test di espirazione forzata
 - Test di reversibilità
 - Picco di flusso espiratorio
 - Test di iperreattività bronchiale

Test di performance dei muscoli respiratori

Test di espirazione forzata

Volumi polmonari dinamici

Parametri e tracciato spirometrico



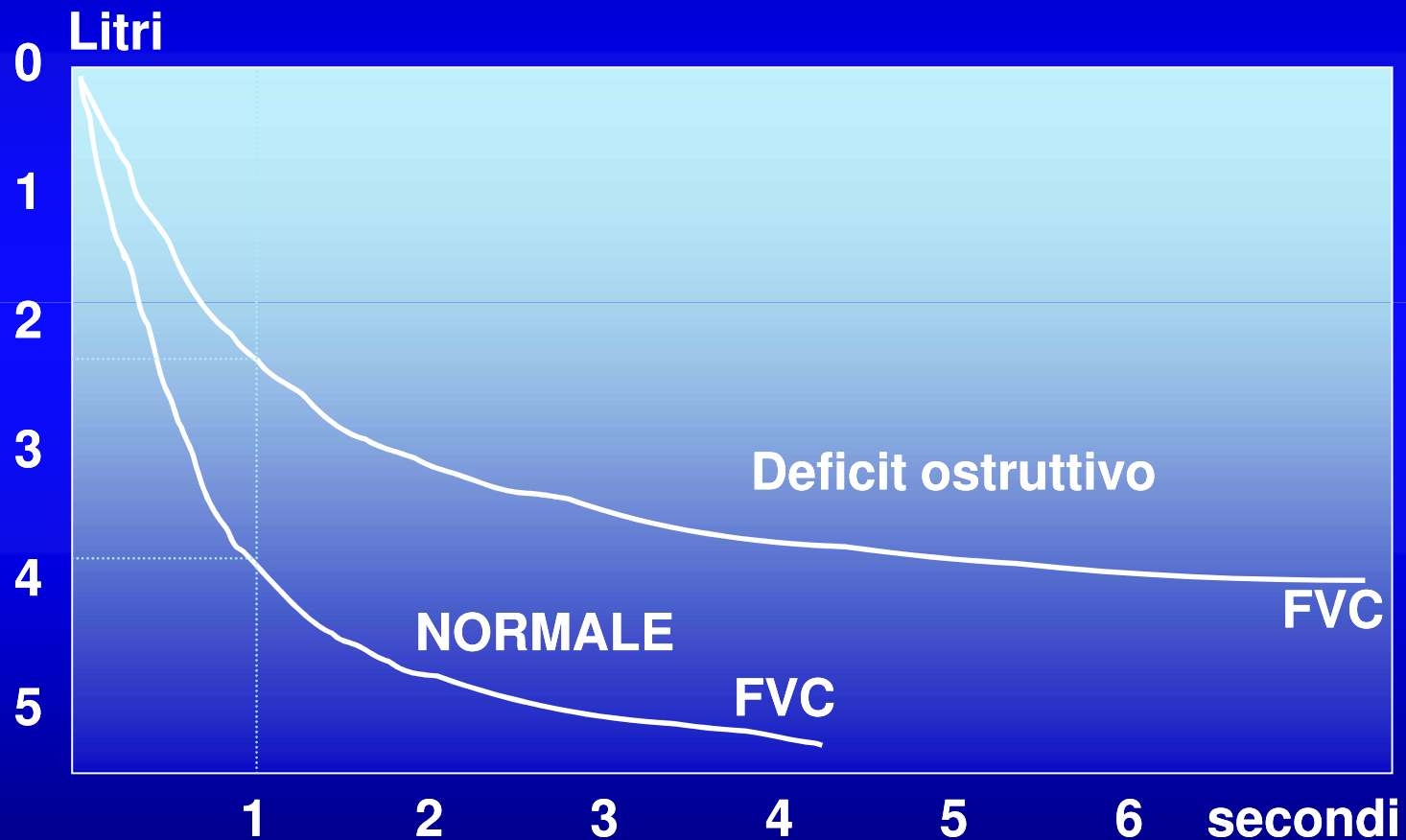
Dopo aver fatto compiere al paziente una inspirazione massimale, lo si fa espirare con la massima forza il massimo volume di aria possibile.

Misuriamo così :

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

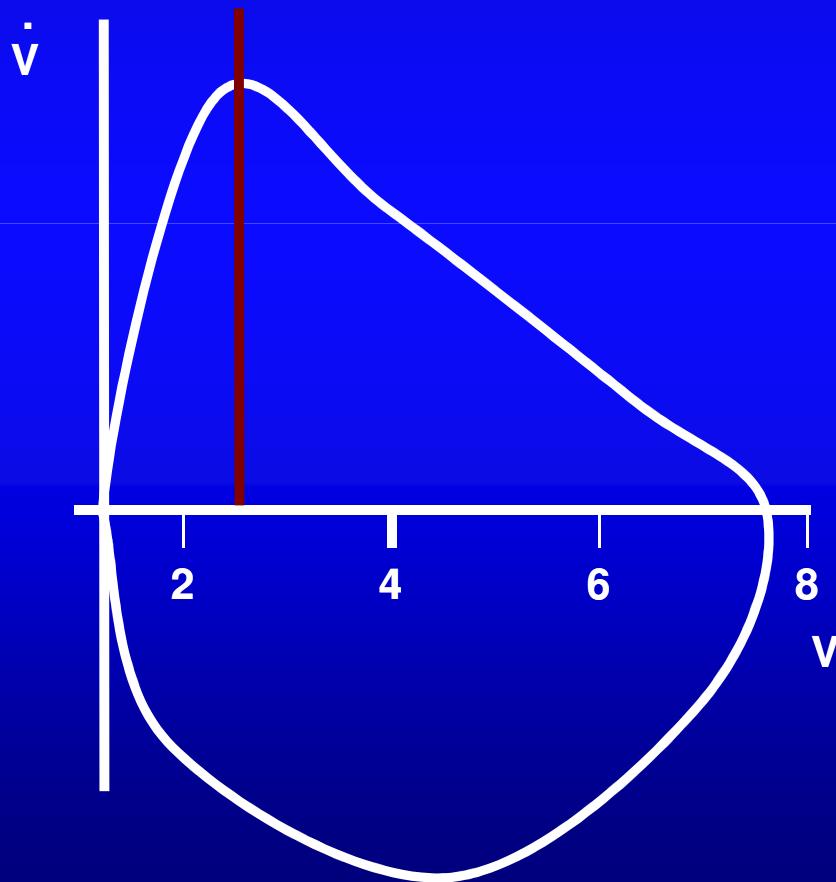
Spirometria: normale e deficit ostruttivo

Curva Volume / Tempo



Curva flusso-volume

Curva flusso-volume normale

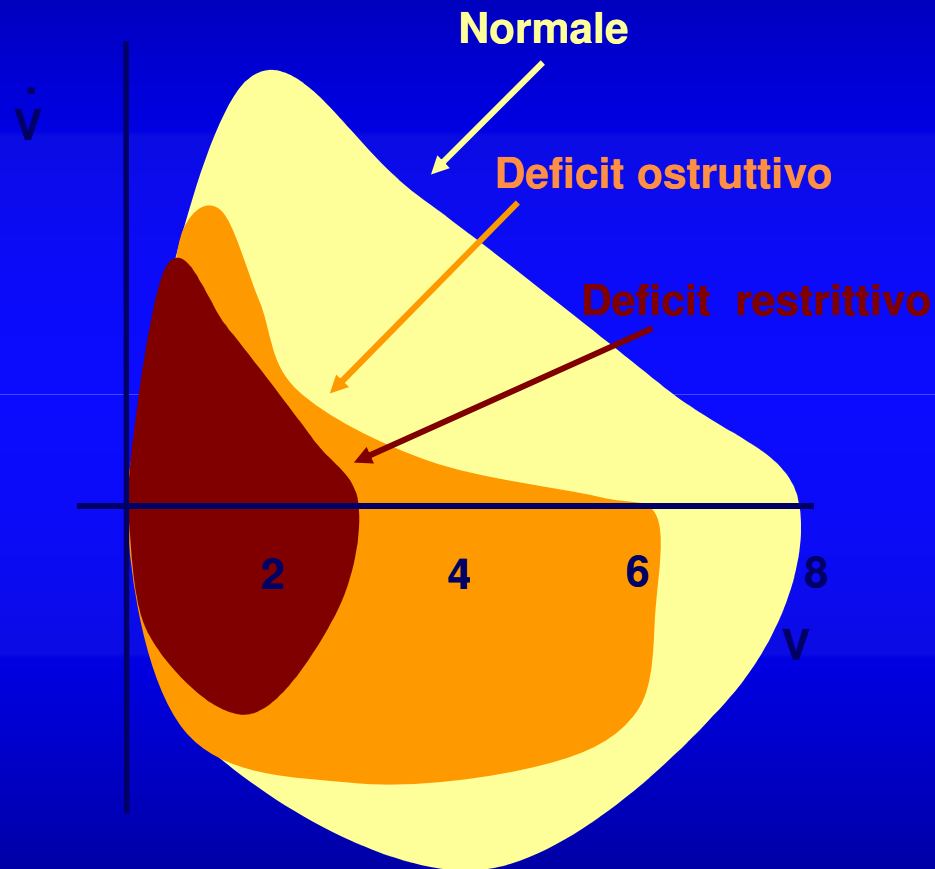


E' possibile rappresentare la manovra di espirazione forzata con una curva flusso-volume: ad ogni momento si riportano il flusso istantaneo ed il volume corrispondente

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

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

Test di espirazione forzata

Interpretazione

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

Volumi polmonari statici

Interpretazione

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

Interpretazione

Insufficienza ventilatoria

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*



- Strumenti idonei
- Locali idonei
- Protocolli standardizzati per l'esecuzione delle prove
- Protocolli standardizzati per l'interpretazione
- Personale adeguatamente istruito

La maggior parte delle valutazioni funzionali respiratorie richiedono la **collaborazione attiva** del soggetto che esegue la prova.

Prove di funzionalità respiratoria: *controllo di qualità*

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

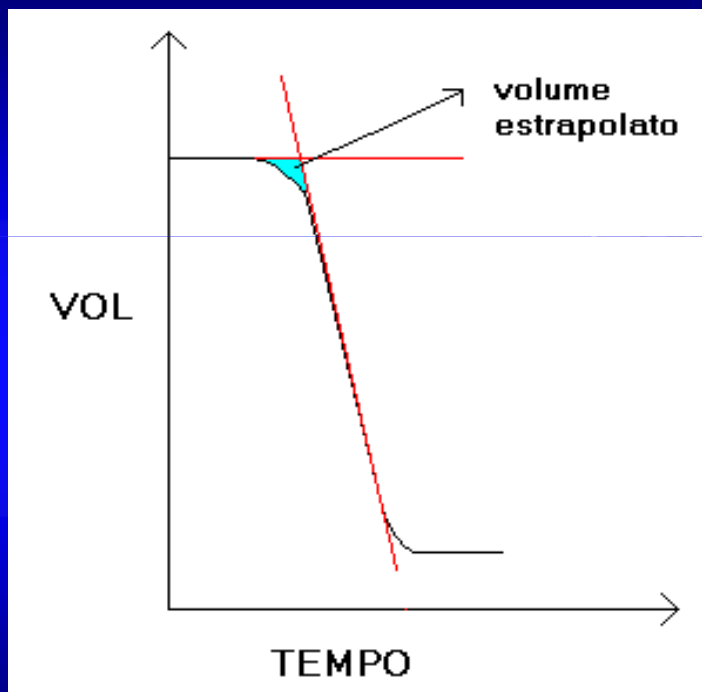
- La **ACCURATEZZA**: quanto la misurazione riflette i valori reali;
- La **PRECISIONE**: cioè la variabilità (**ripetibilità**) di prove successive di uno stesso paziente; è indipendente dalla accuratezza e dipende dal paziente e dall'operatore

CRITERI DI ACCETTABILITA'

Inizio espirazione senza esitazioni

CONTROLLO DI QUALITA'

Volume estrapolato < 5% dell' CVF o di 150 ml
(Intervallo di tempo tra 10-90% PEF <120 ms)*

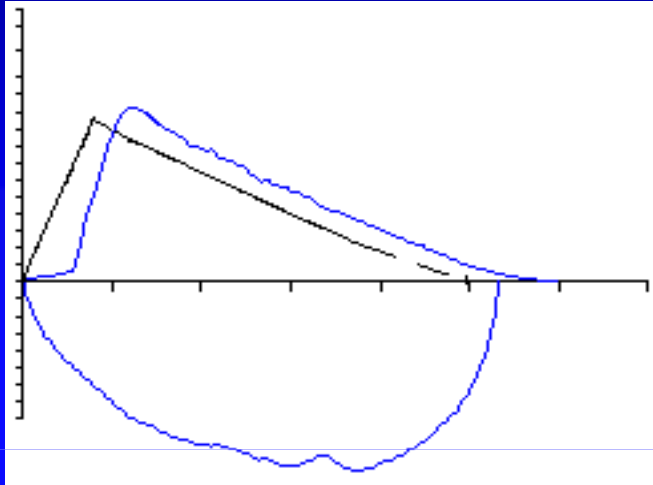


Inizio espirazione senza esitazioni con assenza di perdite espiratorie prima dell'espirazione forzata; il volume estrapolato (area azzurra) non dovrebbe essere superiore al 5% dell' CVF o a 150 ml.

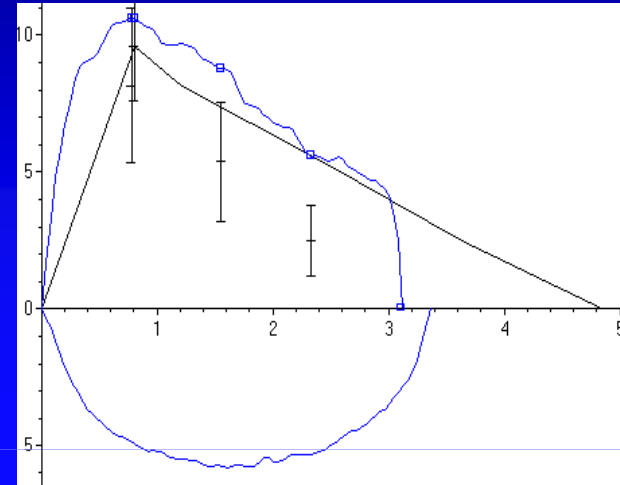
CRITERI DI ACCETTABILITA'	CONTROLLO DI QUALITA'
Inizio espirazione senza esitazioni	Volume estrapolato < 5% dell' CVF o di 150 ml (Intervallo di tempo tra 10-90% PEF <120 ms)*
Adeguate tempo di espirazione	Espirazione > 6 secondi (Espirazione > 4 secondi in particolari casi; bambini, giovani adulti,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

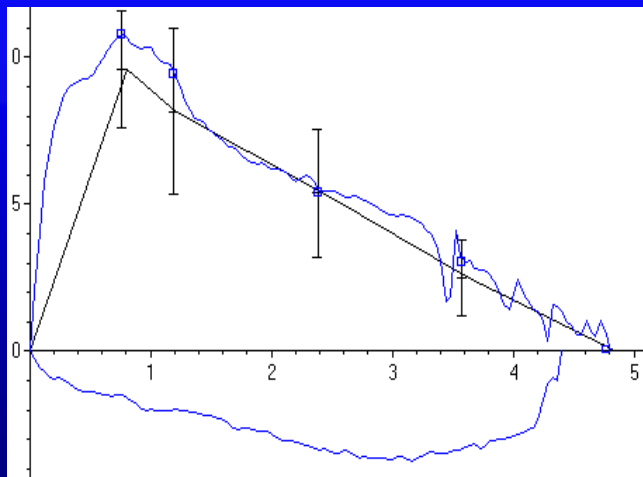
Curve Flusso/volume scorrette



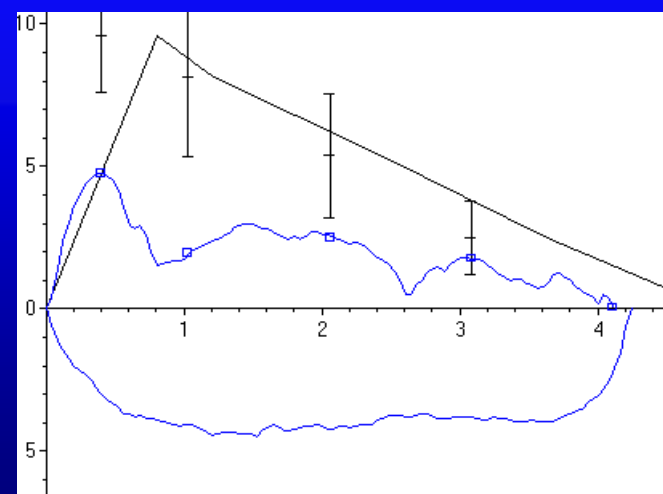
Partenza lenta dell'espirazione



Arresto espirazione prima di 6'



Tosse



Chiusura della glottide

Test di Funzione Respiratoria: *interpretazione*

La spirometria **non** permette di identificare una specifica patologia ma rileva due tipi di deficit funzionali:

- **RESTRITTIVO**
- **OSTRUTTIVO**
- e
- MISTO**

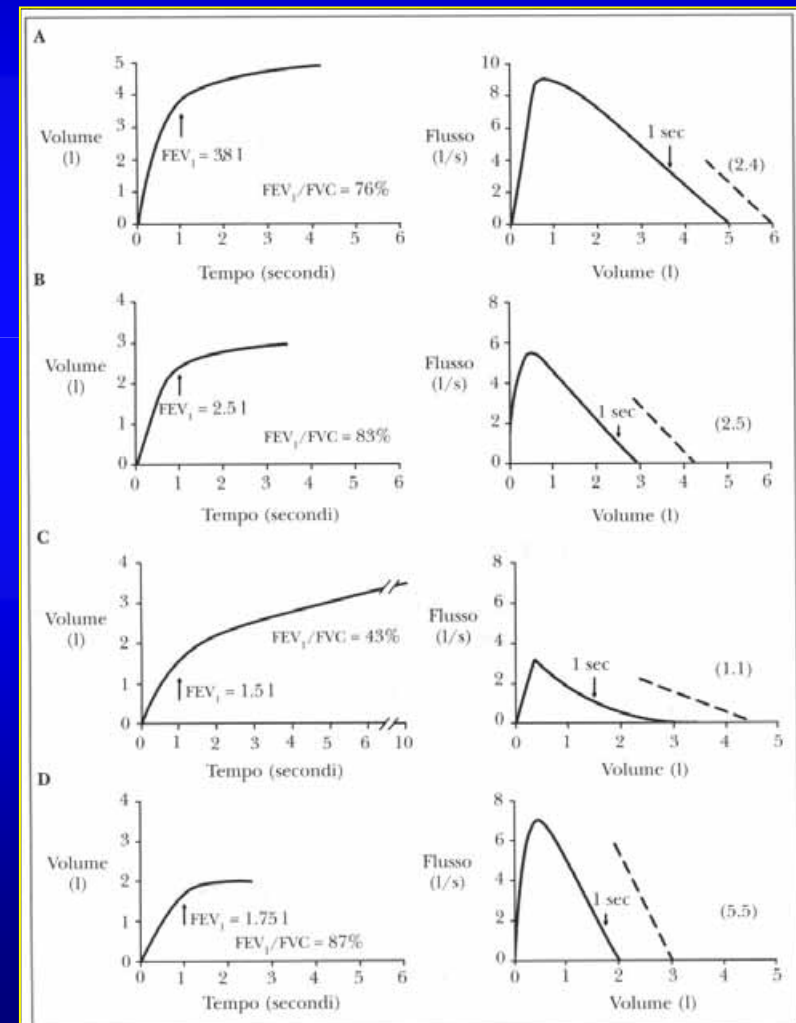
L'interpretazione deve fornire elementi di tipo

Qualitativo

Quantitativo

**Alterazione
funzionale**

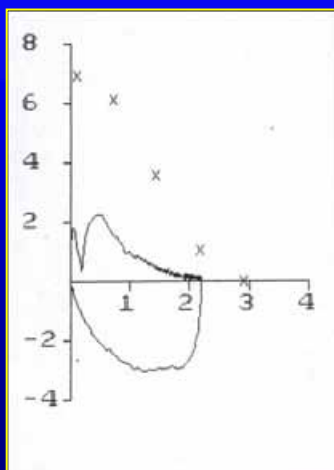
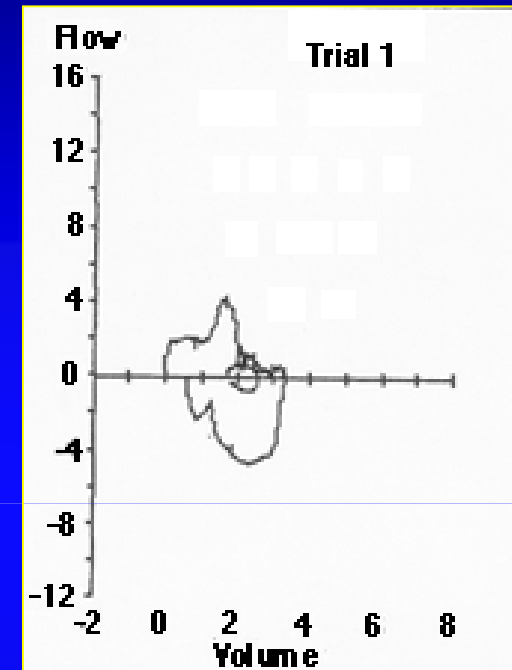
**Gradazione
del danno**



L'interpretazione avviene attraverso il confronto con valori "teorici", espressione della normalità.

I parametri variano in relazione a vari fattori fisici e antropologici:

- età
- sesso
- altezza
- etnia



La prova spirometrica dipende dallo sforzo e dalla collaborazione del soggetto per cui è necessario sempre verificare:

- l'accettabilità del test
- la riproducibilità dei risultati

Test di Funzione Respiratoria

Classificazione deficit di tipo ostruttivo

VEMS/CV inferiore al predetto

VARIANTE FISIOLÓGICA	VEMS > 100% predetto
LIEVE	VEMS < 100 e \geq 70%
MODERATA	VEMS < 70 e \geq 60% predetto
MODERATAMENTE GRAVE	VEMS < 60 e \geq 50% predetto
GRAVE	VEMS < 50 e \geq 34% predetto
MOLTO GRAVE	VEMS < 34% predetto

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

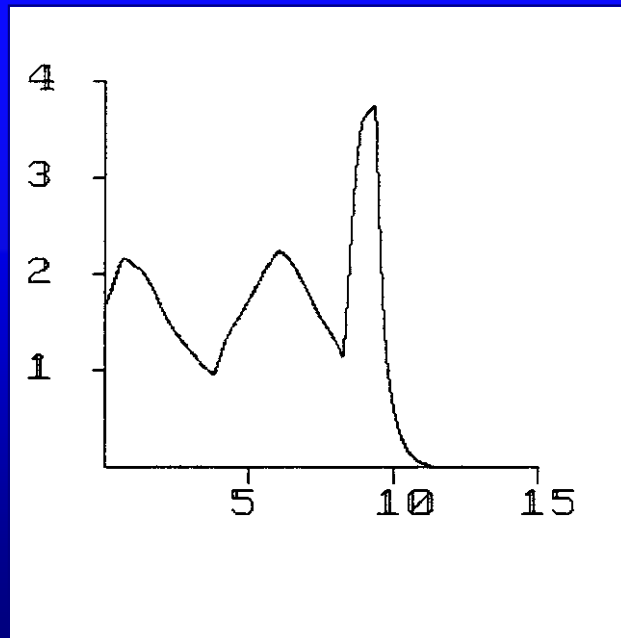
Test di Funzione Respiratoria

Classificazione deficit di tipo restrittivo

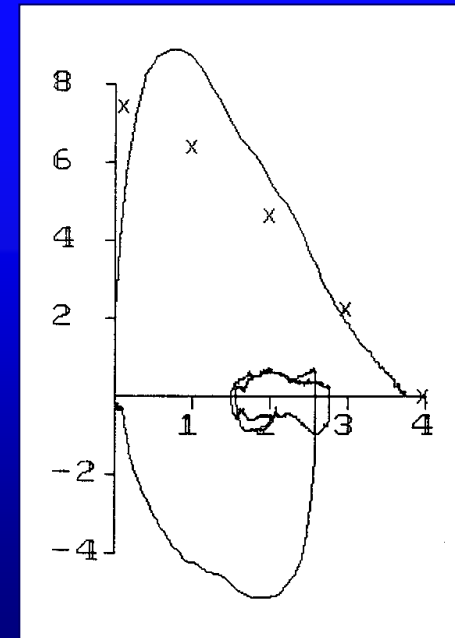
Basata sulla CPT:	Se la CPT non è stata misurata si considera la riduzione della CV e si parla di “restrizione dell’escursione volumetrica dei polmoni”
LIEVE: CPT < predetto ma $\geq 70\%$	LIEVE: CV < predetto ma $\geq 70\%$
MODERATA: CPT 60-70% predetto	MODERATA: CV 60-70% predetto
MODERATAMENTE GRAVE: CPT < 60% predetto	MODERATAMENTE GRAVE: CV 50-60% predetto
GRAVE: CPT < 50% predetto	GRAVE: CV 50-34% predetto
MOLTO GRAVE: CPT < 35% pred	MOLTO GRAVE: CV < 34% predetto

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

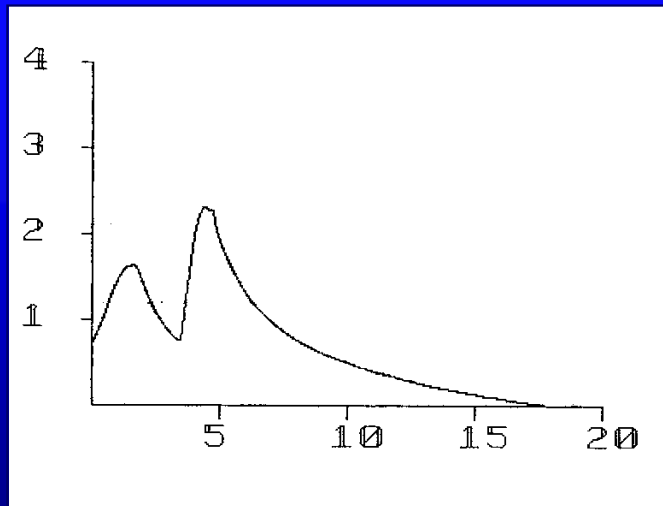


NORMALE

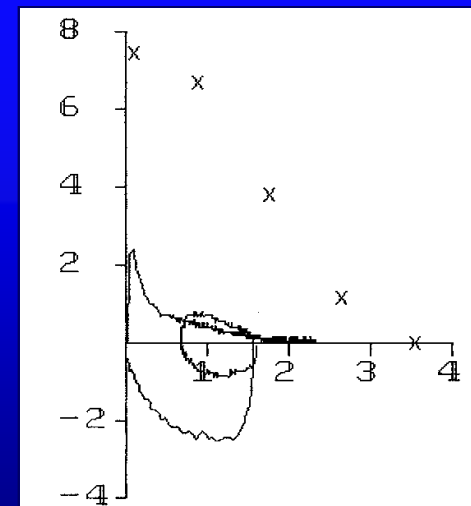


Esempio di interpretazione di spirometria n. 2a

		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**

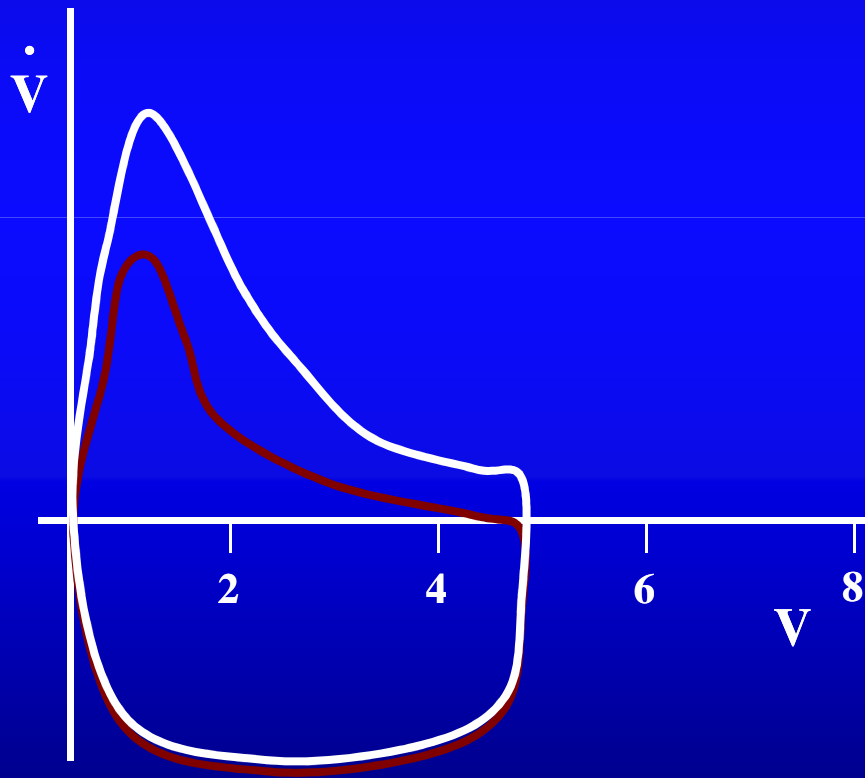


Test di broncodilatazione o reversibilità

Si effettua in soggetti con ostruzione bronchiale accertata mediante esame spirometrico, somministrando un farmaco broncodilatatore β_2 -agonista a breve durata di azione (es.: 400 μg di salbutamolo) e si ripete la prova di espirazione forzata dopo 15-20 minuti.

Test di broncodilatazione o reversibilità

Valutazione della reversibilità dell'ostruzione

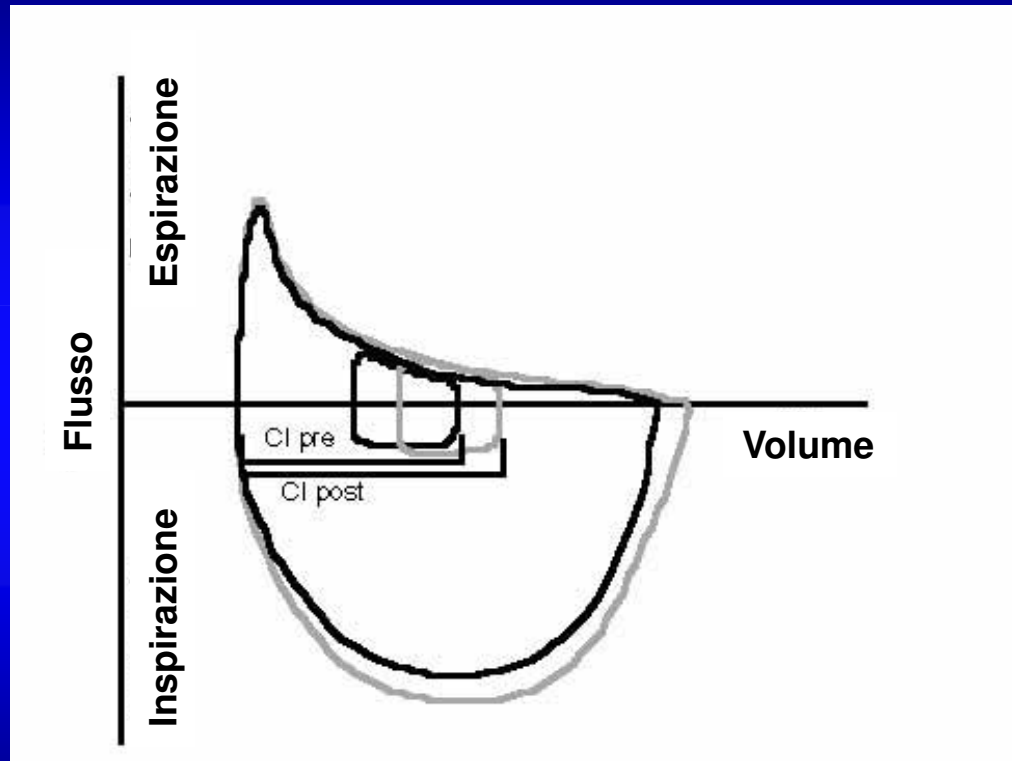


Dopo 20' dalla somministrazione di 200 - 400 mcg di beta 2 agonista o 80 mcg di anticolinergico si rivaluta il VEMS con una manovra di espirazione forzata.

Si possono verificare 3 possibilità:

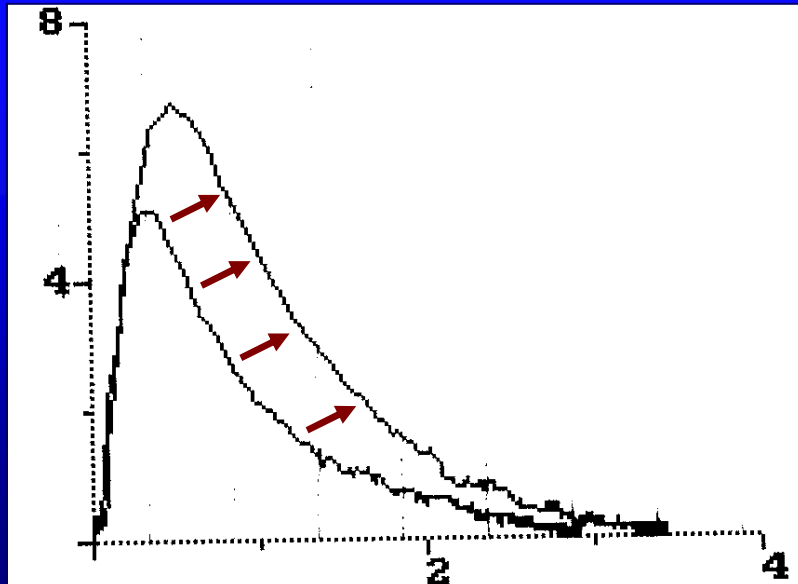
1. il FEV1 aumenta di > 12% e 200 ml rispetto al basale tornando a valori normali (> 80% del predetto): **DEFICIT VENTILATORIO DI TIPO OSTRUTTIVO COMPLETAMENTE REVERSIBILE.** (tipica dell'Asma bronchiale)
2. il FEV1 è aumentato del 12% o di 200 ml rispetto al valore basale ma resta < 80% del teorico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

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		

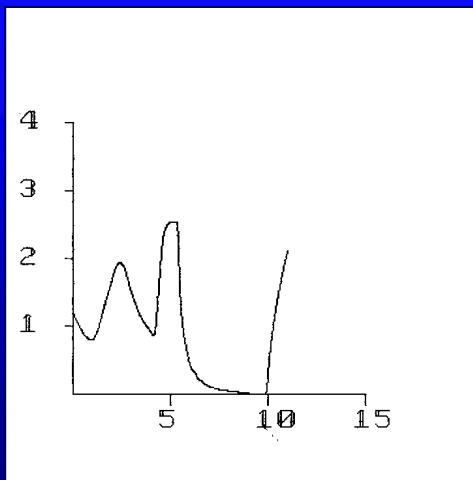


**OSTRUZIONE BRONCHIALE
REVERSIBILE**

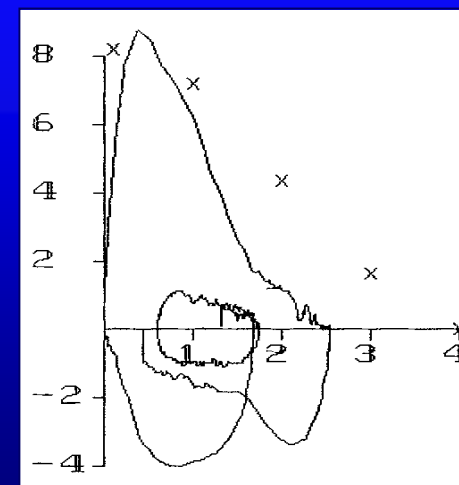
Esempio di interpretazione di spirometria n. 3

		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

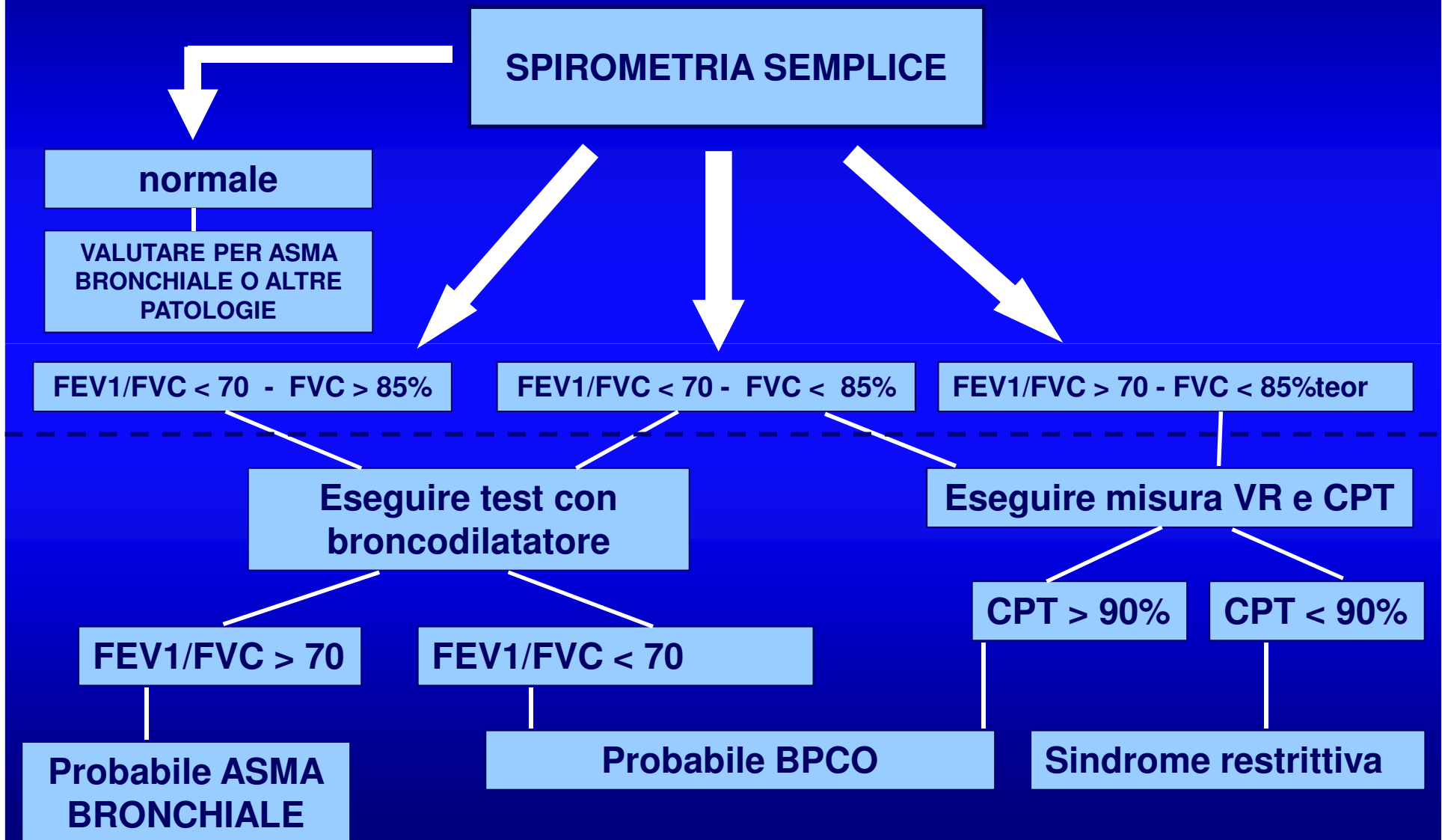
RV	l	0.90	2.20	41 ↓	1.53-2.88
FRC	l	2.10	3.45	61	2.46-4.44
TLC	l	3.47	6.51	53 ↓	5.36-7.66
RV/TLC	%	26.08	35.04	74	26.0-44.0



**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 asma 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

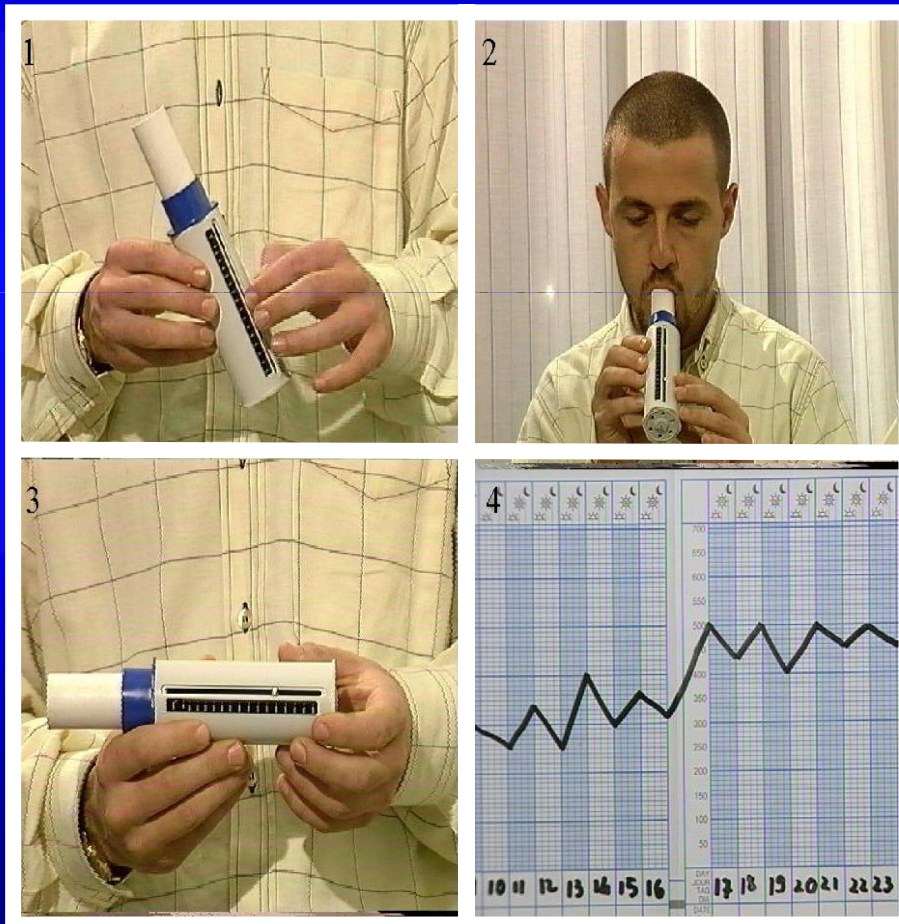
PC 20 FEV1 (mg/ml): concentrazione provocativa	PD 20 FEV1 (mcg): dose provocativa
NORMALE: > 16 mg/ml	NORMALE: > 1600 mcg
BORDERLINE: 4-16 mg/ml	LIEVE: 400-1600 mcg
LIEVE (test positivo): 1-4 mg/ml	MODERATO: 100-400 mcg
MODERATO-GRAVE: < 1 mg/ml	GRAVE: 50-100 mcg

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

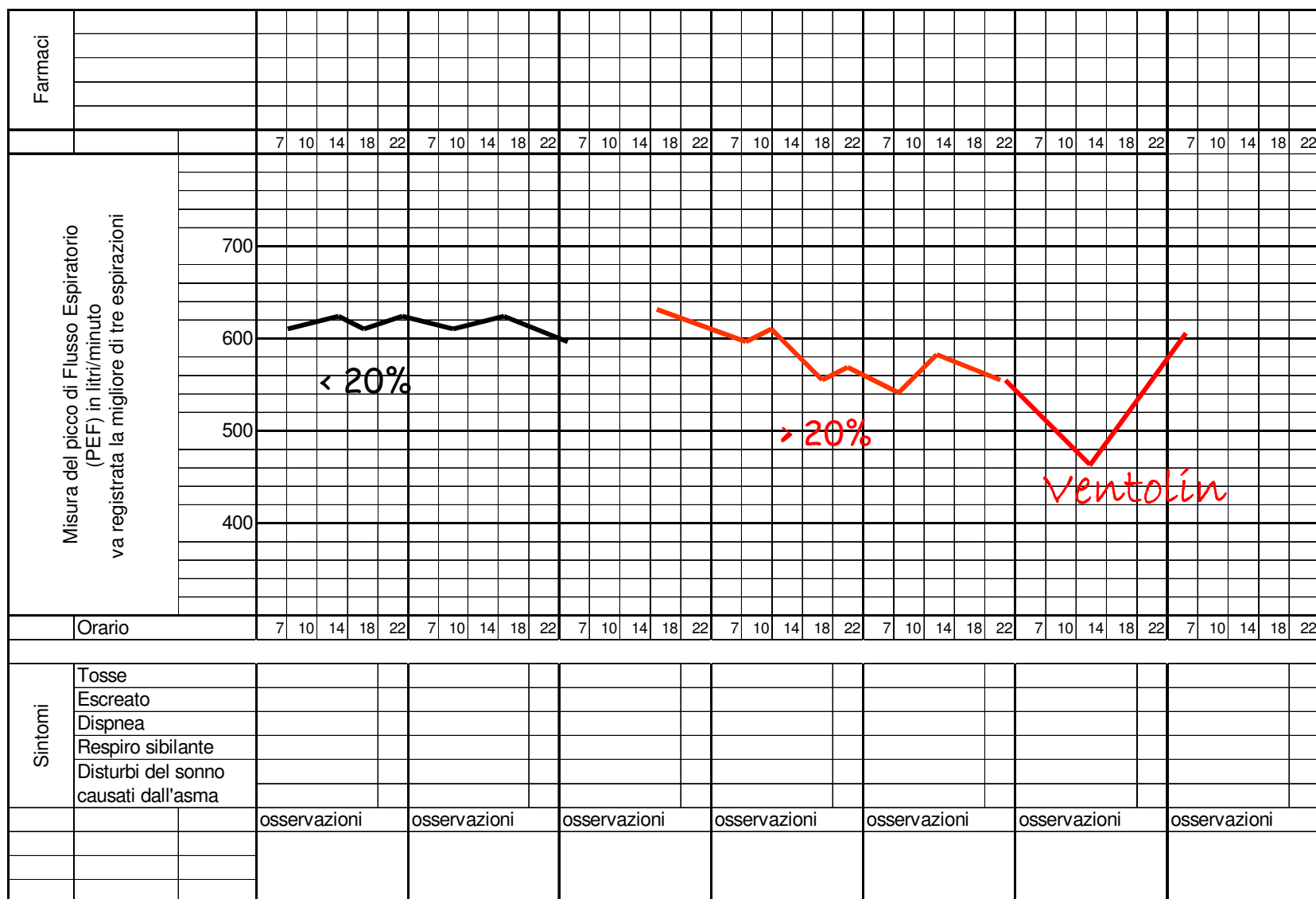
Misurazione e significato del picco di flusso



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.

Diario di registrazione del PEF



$$\text{Variabilità giornaliera del PEF} = \frac{\text{PEF sera} - \text{PEF mattino}}{(\text{PEF sera} + \text{PEF mattino})/2} \times 100$$

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

- **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 (DLco)

- Metodo del respiro singolo

Emogasanalisi arteriosa

Capacità di diffusione

- Il processo di diffusione dell'O₂ e della CO₂ dall'ambiente alveolare al sangue capillare e viceversa si sviluppa attraverso la membrana alveolo-capillare.
- I tests 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 (Δp) 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.

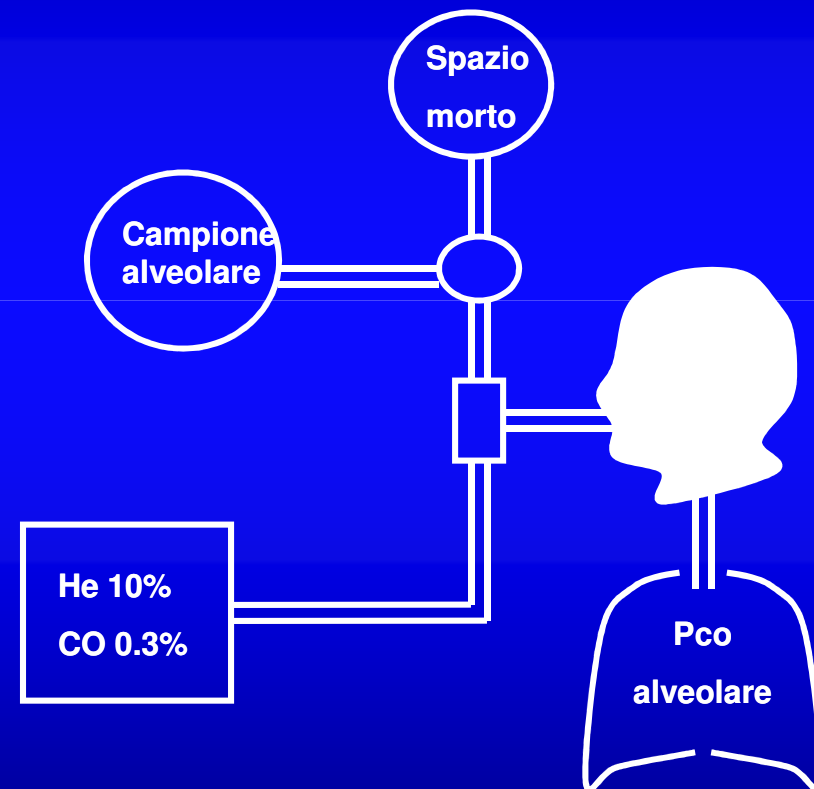
Il soggetto compie 4-5 atti respiratori a VC.

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 restrittive
- Patologie ostruttive
- 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

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

Test di funzionalità polmonare

Gli scambi gassosi:

Diffusione

- Metodo del respiro singolo

Emogasanalisi arteriosa

Emogasanalisi arteriosa

Valori di normalità

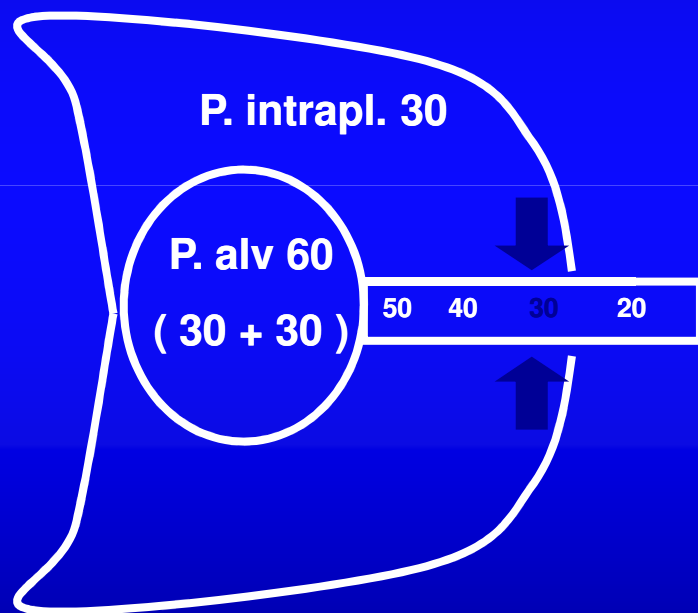
- **pH** 7,40 (7,37-7,42)
- **PaO₂** 80 - 100 mmHg
- **PaCO₂** 35 - 45 mmHg
- **HCO₃⁻** 22 - 26 mEq/L
- **BE** -1 / +1

Letture consigliate

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

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.