



*Percorsi*  
**Pediatrici**  
*del*  
**Val di Noto**  
**2016**

LA SPIROMETRIA



Dott.ssa Lucia Tardino

## Cenni di storia



Galeno per primo tentò di misurare i volumi respiratori ma bisogna arrivare ad Antoine Laurent Lavoiser(1743-1794) ed al suo lavoro «Premiere mémoire sur la respiration des animaux» perché si arrivi a coniare il termine spirometria. La svolta si ha con John Huchinson, nel 1844, che inventò una campana calibrata e rovesciata in acqua per catturare e misurare il volume di aria espirato dai polmoni dopo una profonda inspirazione e conìò il termine di Capacità vitale. Nel 1904 Tissot introduce lo spirometro a circuito chiuso e nel 1925 Fleisch mette appunto il Pneumotacografo per la misura dei flussi istantanei. E' con Tiffenau e Pinelli nel 1947 che la misura dei volumi polmonari fa un passo avanti da qui l'indice di Tiffenau (rapporto tra FEV1 e CVF).



Fornisce l'opportunità di misurare la funzionalità respiratoria nel bambino collaborante in maniera non invasiva

Consiste in una inspirazione massimale (CPT= capacità polmonare totale), seguita da un'espiazione forzata e rapida (2-3-sec) fino allo svuotamento dei polmoni (VR= volume residuo).



FILMATO



## CONTROINDICAZIONI all'esecuzione di una spirometria

- emottisi
- pneumotorace
- recente intervento chirurgico toracico o addominale
- recente intervento oculistico
- infarto miocardico acuto recente (ultimi tre mesi)
- angina instabile
- aneurisma toracico



**E' l'indagine più utilizzata per lo studio della funzionalità respiratoria,  
basandosi su due principali grandezze fisiche**



**i volumi mobilizzati dal sistema respiratorio  
la velocità con cui questi volumi sono mobilizzati.**

**E' evidente che a seconda delle varie patologie respiratorie avremo  
compromissione o dei volumi o dei flussi o di entrambi.**

## Principalmente possiamo avere tre situazioni

- patologie ostruttive : si manifestano quando condizioni anatomiche e funzionali causano ostruzione bronchiale e alterazione ventilatoria, specie espiratoria, ai vari livelli delle vie aeree con iperdistensione funzionale ed anatomica degli spazi aerei distali. Si ha quindi un aumento delle resistenze al flusso aereo, e quindi in un certo qual modo un ostacolo alla fase di espirazione. Avremo così una riduzione del flusso espiratorio, con un prolungamento della espirazione. I quadri clinici più frequenti sono l'asma, la bronchite cronica e l'enfisema, bronchi ectasie.
- patologie restrittive che determinano una riduzione del volume massimo di aria contenuto nel polmone o per le dimensioni del polmone, o della compliance o per la incapacità di inspirare. Si possono identificare restrizioni dovute ad alterazioni della parete toracica nel suo complesso muscolo-scheletrico-pleurico e restrizioni dovute a modificazioni o riduzioni parenchimali polmonari. Esempi sono le patologie della gabbia toracica, le patologie neuromuscolari, lesioni occupanti spazio, patologia pleurica, fibrosi polmonare, fibrosi cistica.
- Possiamo poi avere patologie miste.



# Test di espirazione forzata

insufficienza ventilatoria

di tipo Ostruttivo

- Asma
- BPCO
- Enfisema

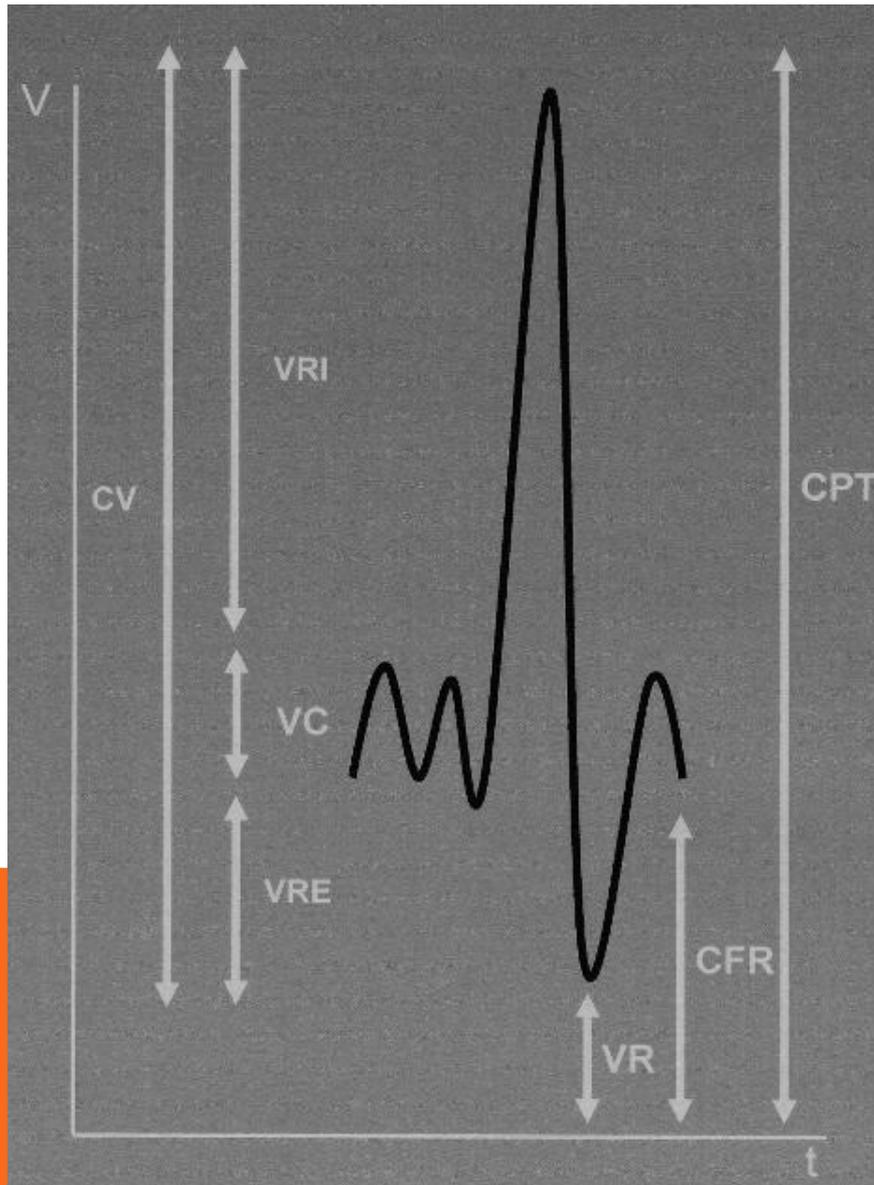
di tipo Restrittivo

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

La spirometria consente di registrare le variazioni del volume polmonare nel tempo, sia durante una respirazione tranquilla (= volumi polmonari statici) sia durante una respirazione forzata (volumi polmonari dinamici)



# VOLUMI POLMONARI STATICI



## MISURA DEI VOLUMI POLMONARI STATICI

**Volume Corrente (VC):** rappresenta il volume che entra ed esce ad ogni atto respiratorio normale quindi il volume di aria mobilizzato ad ogni respiro tranquillo; di norma circa 500 ml.

**Volume di Riserva Inspiratoria (VRI):** volume d'aria mobilizzabile al di sopra di un VC, cioè rappresenta il massimo volume di aria che può essere introdotto nel polmone dopo una normale inspirazione. Corrisponde a circa 3500 ml.

**Volume di Riserva Espiratoria (VRE):** volume d'aria mobilizzabile al di sotto di un VC, cioè rappresenta il volume di aria che può essere ulteriormente eliminato dopo una normale espirazione (circa 1000-1500 ml).

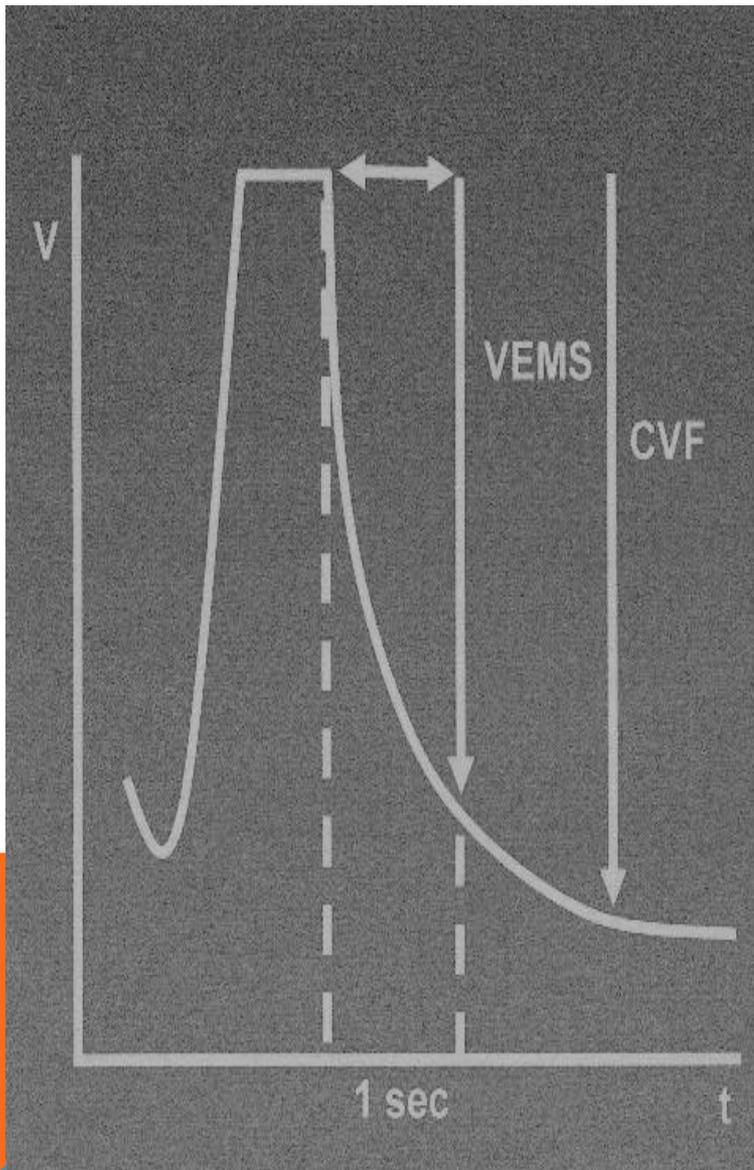
**Capacità Vitale (CV):** rappresenta il massimo volume d'aria che può essere espirato completamente e lentamente dopo un'inspirazione massimale (circa 4500 ml).

**Capacità Funzionale Residua (CFR):** rappresenta la massima quantità d'aria contenuta nel polmone al termine di una espirazione tranquilla. Risulta di circa 3000 ml.

**Volume Residuo (VR):** rappresenta il volume d'aria presente nel polmone al termine di una espirazione massimale. Corrisponde a circa 1500 - 2000 ml. Non può però essere misurato con lo spirometro ma con il pletismografo o con la tecnica della diluizione dei gas.

**Capacità Polmonare Totale (CPT):** rappresenta la massima quantità d'aria contenuta nel polmone all'apice di una inspirazione massimale: Corrisponde a circa 6000 ml.

# VOLUMI POLMONARI DINAMICI



I volumi polmonari dinamici, rappresentati dai volumi espiratori rapportati ai tempi impiegati, comprendono:

- La capacità vitale forzata o CVF : rappresenta la quantità di aria che viene espirata il più rapidamente e il più completamente possibile (espirazione forzata) dopo una inspirazione massimale. Nel soggetto normale non differisce dalla CV (Capacità Vitale). Una differenza tra questi due valori può essere presente nelle malattie caratterizzate da ostruzione al flusso aereo.

- Il volume espiratorio massimo nel secondo = VEMS o FEV1, cioè la quantità di aria che viene forzatamente espirata nel primo secondo a partire dal punto di massima inspirazione (circa 3500 ml/min). Normalmente costituisce il 75-80% della capacità vitale forzata. Il suo valore dipende dall'entità dello sforzo espiratorio e riflette quindi il diametro delle vie aeree centrali, ma è anche un buon indice della resistenza delle vie aeree periferiche. Il VEMS è la misura più riproducibile per valutare la resistenza al flusso nella grandi vie aeree.

- Il rapporto  $VEMS/CVF \times 100$  o INDICE DI TIFFENAU è fondamentale per discriminare un deficit ostruttivo da un deficit restrittivo. Nei soggetti normali è superiore all'80% del valore teorico. La sua riduzione è sempre espressione di ostruzione delle vie aeree.

- Flusso espiratorio forzato medio o FEF 25-75 o MMEF : esprime il flusso medio calcolato nella porzione di curva espiratoria forzata compresa tra il 25% e il 75% della FVC. Rappresenta un parametro sforzo-indipendente, essendo misurato oltre il primo 25% dell'FVC, e rappresenta un indice delle resistenze delle vie aeree periferiche. Negli stadi precoci di ostruzione, può essere l'unico segno di disfunzione ventilatoria di grado molto lieve.

- Flusso espiratorio forzato al 75% della FVC (FEF 75%): esprime il flusso medio forzato calcolato sulla porzione finale della curva espiratoria forzata. E' relazionata alle resistenze delle vie aeree ancora più distali.

- Picco di flusso (PEF): è il flusso massimo raggiunto nei primi 100-200 millisecondi della curva espiratoria, fornisce indicazioni sul calibro delle grandi vie aeree.

# LO STUDIO FUNZIONALE RESPIRATORIO DI BASE

## VALUTA

- ◆ I volumi polmonari
- ◆ La dinamica dei flussi
- ◆ La resistenza delle vie aeree
  - ◆ La elasticità polmonare
- ◆ La gravità delle sindromi respiratorie

# TRE QUESITI PRATICI

I TEST DI USO CORRENTE NELLA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONE RESPIRATORIA:

**Quando chiederli?**

**Quali chiedere?**

**Come interpretarli?**

# QUANDO CHIEDERE I TEST FUNZIONALI RESPIRATORI?

## DIAGNOSI

studio di sintomi / segni clinici (dispnea, tosse, poliglobulia, cianosi)

indagini per condizioni di rischio respiratorio (esposizione a polveri, fumi, fumo attivo / passivo)

studio di danno in patologie accertate

indagini di idoneità sportiva.

## PROGNOSI

indagini medico-legali, di invalidità

studio evolutivo di danno (terapie, riabilitazione)

## TERAPIA

efficacia terapeutica

monitoraggio

valutazione preoperatoria

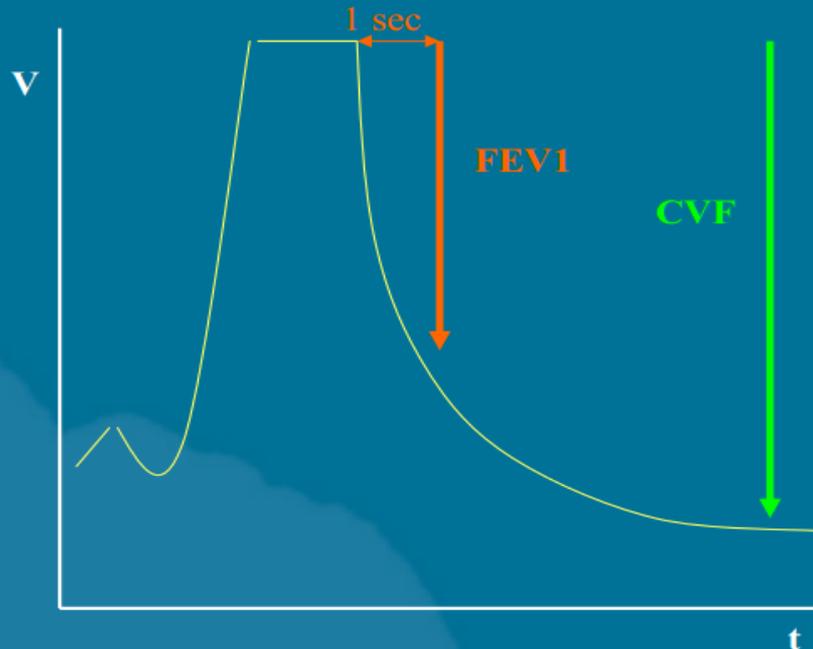
# INTERPRETAZIONE DEI DATI SPIROMETRICI

**Identificati i limiti di normalità, la spirometria fornisce**

- \* dati qualitativi: tipo di sindrome respiratoria**
- \* dati quantitativi: scala di graduazione del danno rilevato.**

# Test di espirazione forzata

## FEV1, CVF, FEV1/FVC



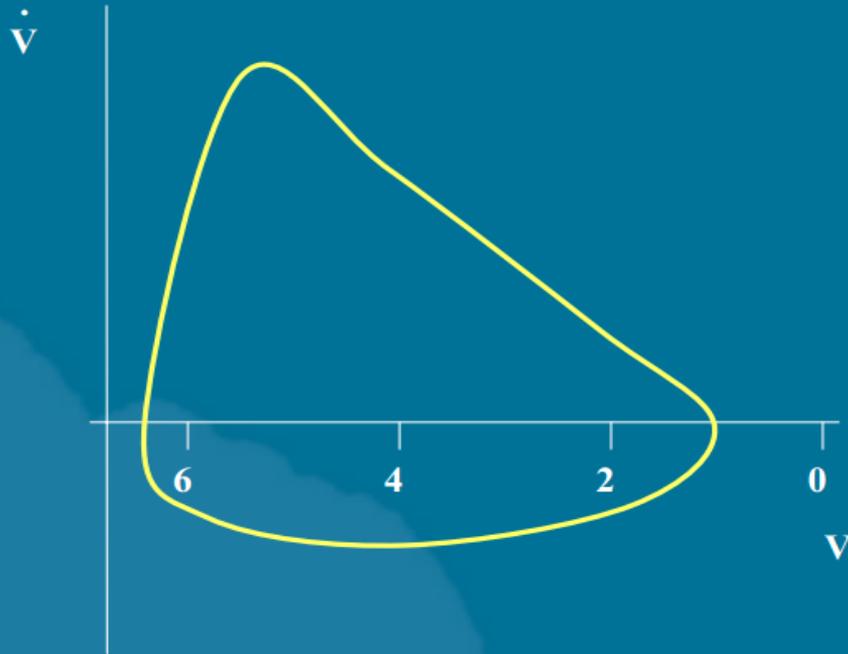
Dopo aver fatto compiere al paziente una inspirazione massimale, lo si fa espirare con la massima forza il massimo volume di aria possibile.

Misuriamo così :

- Il volume di aria emesso in un secondo (FEV1).
- Il volume totale di aria che può essere emesso (CFV).
- Il rapporto FEV1/FVC (e FEV1/VC)

# Curva flusso-volume

---



- E' possibile rappresentare la manovra di espirazione forzata con una curva flusso-volume: ad ogni momento si riportano il flusso istantaneo ed il volume espirato.
- La velocità di flusso aumenta fino al limite massimo della curva, ma non oltre per il fenomeno della compressione dinamica delle vie aeree.

# Curva flusso-volume

## Interpretazione della curva flusso-volume



### I.V. Restrittiva

volumi piccoli e velocità di flusso ridotte.  
Normale il calibro delle vie aeree.

### I.V. Ostruttiva

Ostruzione delle vie aeree da secrezioni, ispessimento, collasso per perdita della forza traente del parenchima circostante.

# Patologie con deficit ostruttivo

## Deficit ostruttivo in:

- patologie parenchimali: *enfisema*
- patologie delle vie aeree: *asma, BPCO*
- ostruzione delle alte vie aeree: *neoplasia, stenosi tracheale*

# ASMA BRONCHIALE

Le prove di funzionalità respiratoria sono di fondamentale importanza nell'iter diagnostico e nel monitoraggio dell'asma in quanto forniscono una misurazione obiettiva dell'ostruzione bronchiale.

## PARAMETRI FUNZIONALITA'

- Capacità vitale forzata (FVC)
- Volume espiratorio forzato in 1 sec (VEMS o FEV1)
- Rapporto FEV1/FVC

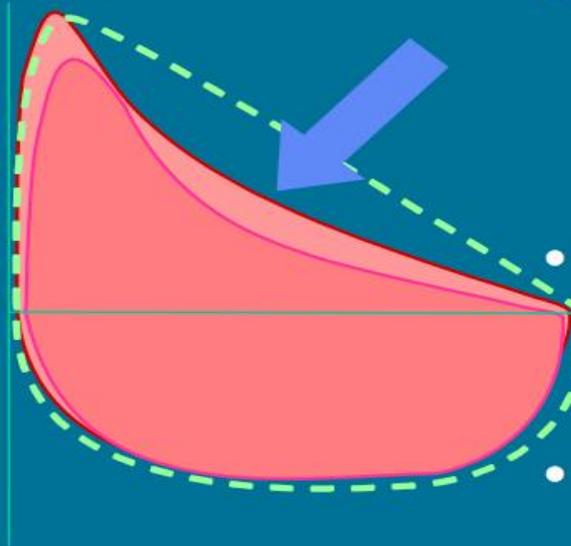
# ASMA INDAGINI FUNZIONALI

- SPIROMETRIA
- REVERSIBILITA' DELL'OSTRUZIONE BRONCHIALE
- MONITORAGGIO PICCO DI FLUSSO ESPIRATORIO
- MISURE DI IPERATTIVITA' BRONCHIALE

# Le malattie respiratorie ostruttive generano curve concave.

Il grado di deformazione riflette la gravità dell'ostruzione

- riduzione dei flussi espiratori principalmente a carico di FEV1 e PEF, con FVC inizialmente normale o quasi
- Il FEV1/FVC è ridotto



- Anche il FEF 25-75 risulta ridotto e, negli stadi precoci di ostruzione, può essere l'unico segno di disfunzione ventilatoria
- Il FVC risulta ridotto nei casi gravi di ostruzione come effetto dell'intrappolamento d'aria nei polmoni
- Dopo somministrazione di broncodilatatore si ha un miglioramento dei parametri spirometrici

**AZIENDA OSPEDALIERO UNIVERSITARIA**  
**"POLICLINICO - VITTORIO EMANUELE" DI CATANIA**  
**DIPARTIMENTO DI PEDIATRIA**  
**U.O. BRONCOPNEUMOLOGIA PEDIATRICA ALLERGOLOGIA E FIBROSI CISTICA**  
**DIRETTORE: Prof. Mario La Rosa**  
**Flusso - Volume**

Cognome:  
Nome:

Cantalice  
Francesco

Codice ID:

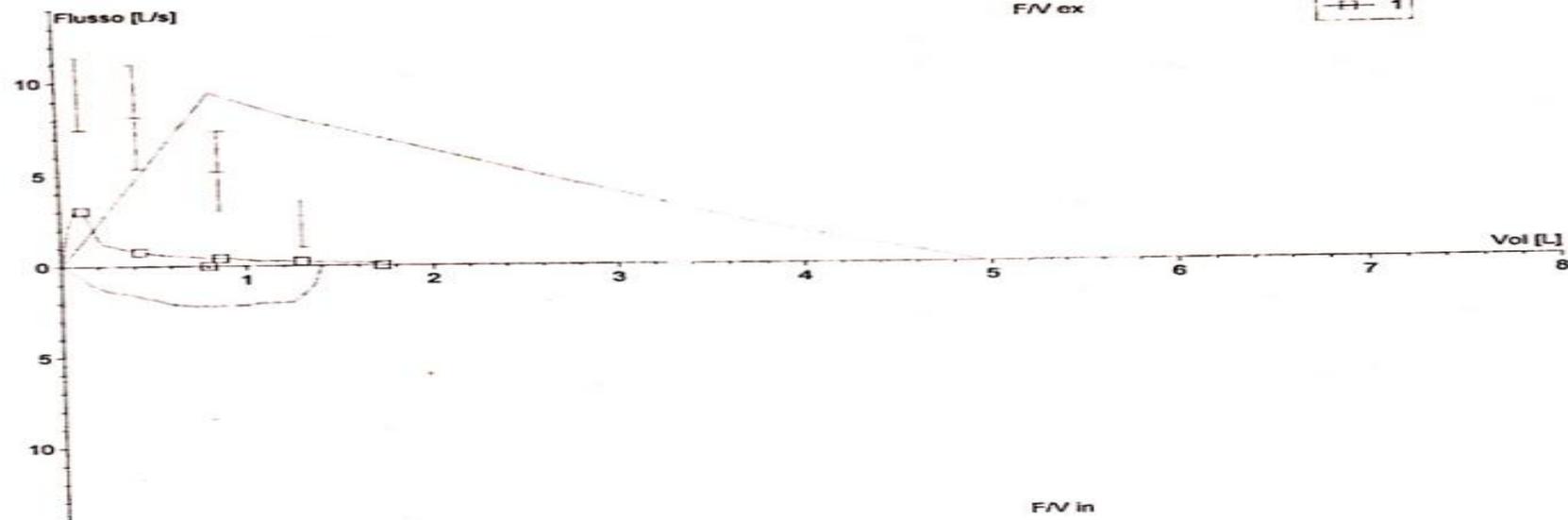
CNTFNC73M18A662N

Nato/a il:  
Sesso:

18/08/1973  
maschio

Età:  
Peso:  
Statura:

41 anno  
56,6 kg  
180,0 cm



	Teor	Misl % (Misl/Teor)	
VC MAX	1.18	1.73	33.3
IC	0.72		
ERV	0.46		
FVC	1.96	1.73	34.8
FEV 1	1.06	0.80	19.7
FEV1%M	79.83	46.23	57.9
PEF	9.44	3.04	32.2
PEF 25	8.17	0.75	9.2
PEF 50	5.20	0.41	7.9
PEF 75	0.29	0.22	9.6

Data E 14/05/  
Ora 16.25.

# INTERPRETAZIONE DEI PARAMETRI

## Alterazione funzionale ostruttiva:

- FEV<sub>1</sub> valuta la severità dell'ostruzione\*

FEV<sub>1</sub>/CV distingue deficit ostruttivi-restrittivi

- FEF<sub>25-75</sub> confermano il profilo ostruttivo

### \*schema di gravità

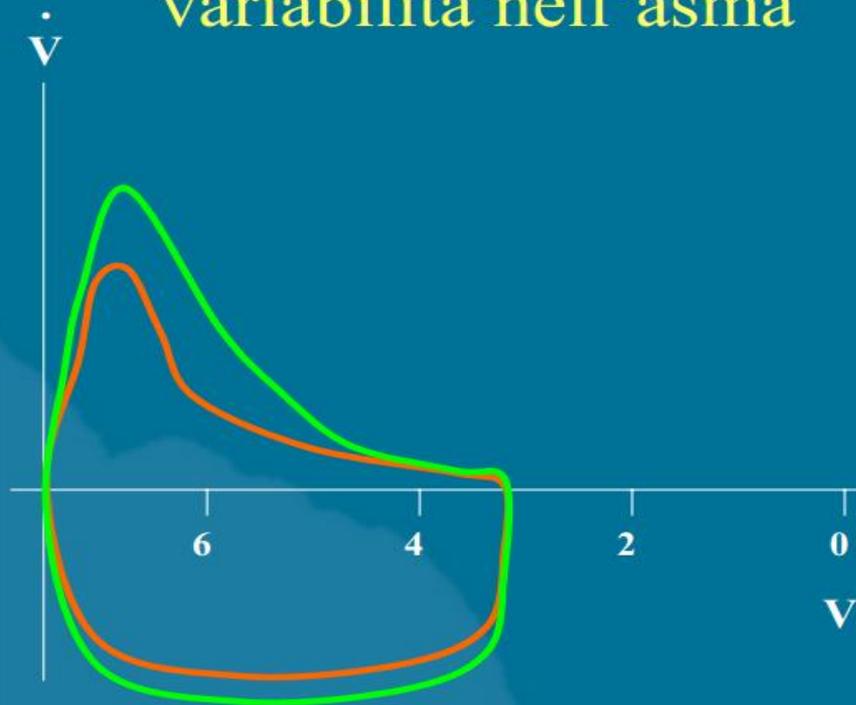
< 100/≤ 80	> 70% teorico	=	lieve
≤ 70%	> 50% teorico	=	moderata
< 50%	teorico	=	grave

## Prove di Funzionalità Respiratorie ( SPIROMETRIA )

- Il sospetto diagnostico di asma impone la valutazione di **VEMS, CVF, VEMS/CVF** prima e dopo inalazione di broncodilatatore a breve durata d'azione ( Bye e coll. 1992; Li e O' Connel,1996 )
- L'ostruzione è indicata da riduzione rispetto al valore di riferimento di
  - **VEMS**
  - **VEMS/CVF**
- La REVERSIBILITA' è significativa se  $VEMS > 12\%$  e  $> 200\text{ml}$  dopo B2 agonista a breve durata d' azione( ATS,1991 )

# Test di reversibilità

## Valuatazione della variabilità nell'asma



### PRE-B2 SHORT ACTING

Insuff. Ventilatoria di tipo ostruttivo

### POST-B2 SHORT ACTING

-Dopo somministrazione di B2 agonista il FEV1 è aumentato del 12% o di 200 ml rispetto al valore basale :

### INSUFFICIENZA VENTILATORIA DI TIPO OSTRUTTIVO

- PARZIALMENTE REVERSIBILE
- COMPLETAMENTE REVERSIBILE

Se FEV1 torna a valori normali (> 80% del predetto) :

# Il test di reversibilità

- **Si esegue in presenza di una riduzione del rapporto FEV1/FVC, facendo inalare al paziente 2 puff di salbutamolo (200 mcg) e ripetendo la spirometria dopo 20 minuti**

---

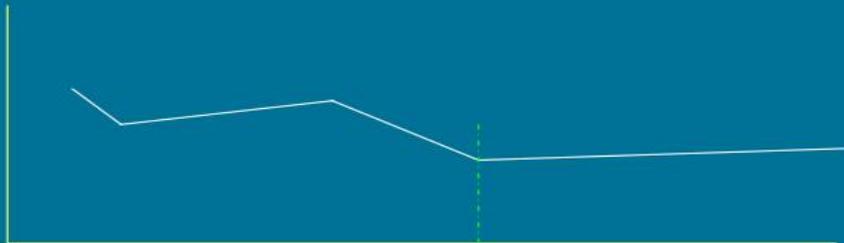
- **Il test è da considerarsi positivo se si verifica un aumento del FEV1  $> 12\%$  e  $\geq$  a 200 ml come valore assoluto**

---

- **E' utile per la diagnosi differenziale tra asma bronchiale e BPCO o per rilevare una componente di reversibilità nella BPCO**

# Valutazione della iperreattività bronchiale aspecifica nell'asma

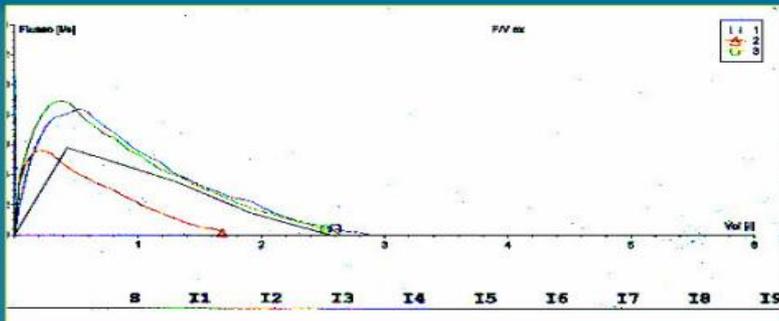
FEV1



PD 20

Valuta la risposta bronchiale a vari stimoli:

- Metacolina
- Esercizio fisico
- Nebbia di acqua distillata - UNDW



	Dose	FEV1	%	FVC	%
3-30	0.500	2.58	-6	3.43	-1
3-90	0.500	2.85	4	3.60	3
4-30	1.000	2.56	-7	3.43	-2
4-90	1.000	2.59	-6	3.36	-4
5-30	2.000	2.51	-9	3.25	-7
5-90	2.000	2.46	-11	3.42	-2
5-5'	2.000	2.40	-13	3.28	-6
6-30	4.000	2.03	-26	2.83	-19

# TEST ALLA METACOLINA

E' usato per studiare l'iperreattività bronchiale caratteristica dell'asma bronchiale.

## COME SI SVOLGE

Bisogna eseguire una spirometria di base per valutare l'assenza di ostruzione bronchiale.

Vengono in seguito fatte inalare dosi crescenti di metacolina e dopo ogni inalazione si ripete la spirometria per evidenziare eventuali variazioni del flusso respiratorio.

Se il flusso si riduce del 20% rispetto al valore basale il test è positivo e viene interrotto.

Il livello di reattività bronchiale è valutato in funzione della dose di metacolina che provoca la caduta del FEV1 e quindi è considerata tanto più elevata quanto più bassa sarà la concentrazione di metacolina che ha determinato la riduzione dei valori di FEV1.

Il test è considerato negativo quando non si registra nessuna variazione significativa.

La metacolina viene metabolizzata dal nostro organismo e quindi inattivata in circa 20 minuti.

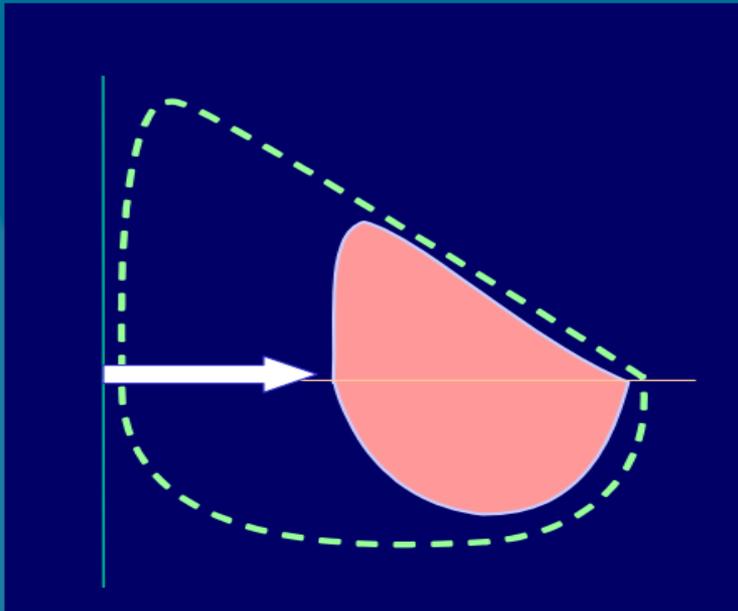
# Patologie con deficit restrittivo

## Deficit restrittivo in:

- patologie parenchimali: *fibrosi, edema polmonare, polmonite*
- patologie della gabbia toracica: *spondilite, trauma*
- patologie neuromuscolari: *poliomielite, distrofia muscolare*
- patologie pleuriche: *versamento, fibrotorace*
- altre patologie: *obesità, distensione addominale*

# Quadro spirometrico di tipo restrittivo

Le curve dei pazienti con una malattia respiratoria restrittiva hanno forma quasi normale con volumi e flussi polmonari considerevolmente ridotti



## Riduzione dei volumi polmonari

- Riduzione concomitante e proporzionale di FVC e FEV1
- FEV1/FVC normale
- PEF ridotto
- Anche il FEF 25-75 può essere ridotto
- La somministrazione del broncodilatatore non modifica i parametri della spirometria

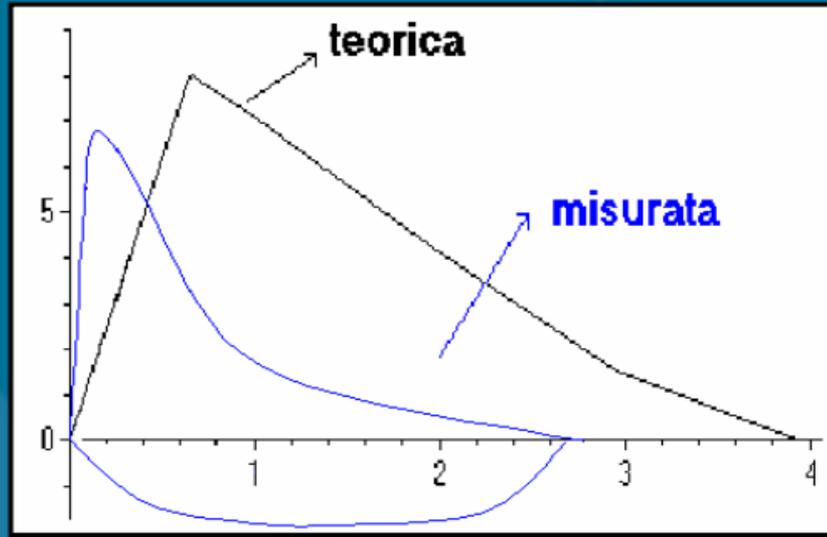
# INTERPRETAZIONE DEI PARAMETRI

- **Alterazione funzionale restrittiva:**
  - CPT caratterizza il deficit e lo quantizza\*
  - CVF se ridotta con rapporto di FEV<sub>1</sub> normale / aumentato caratterizza il deficit<sub>1</sub>/CV
  - FEF<sub>25-75</sub> sono conservati / aumentati nelle forme pure.

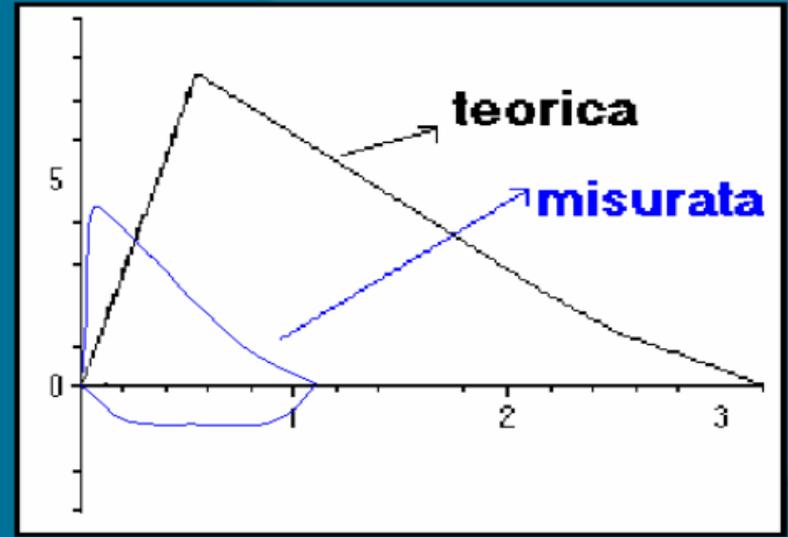
\*schema di gravità:

< 90%	> 70%	teorico	=	lieve
< 70%	> 60%	teorico	=	moderata
< 60%	> 50%	teorico	=	moderatamente grave
< 50%		teorico	=	grave

## *Prove di funzionalità ventilatoria*



Deficit ventilatorio ostruttivo



Deficit ventilatorio restrittivo

# Come interpretare i risultati

La spirometria permette di rilevare due gruppi basilari di deficit funzionali, conseguenza di numerose malattie:

- il deficit restrittivo
- il deficit ostruttivo

---

• *Il deficit restrittivo* è caratterizzato principalmente da una riduzione della CV (o della FVC), e in proporzione, di tutti i volumi e di tutte le capacità polmonari - il rapporto FEV1/FVC rimane normale -

---

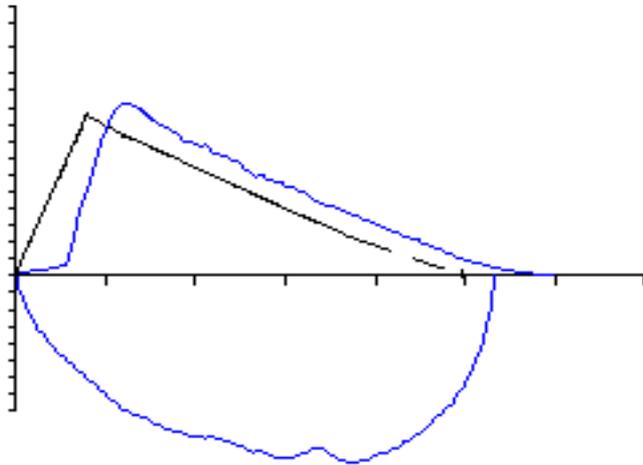
• *Il deficit ostruttivo*, invece, si caratterizza con una riduzione del FEV1 e dei flussi espiratori, con un calo anche del rapporto FEV1/FVC

---

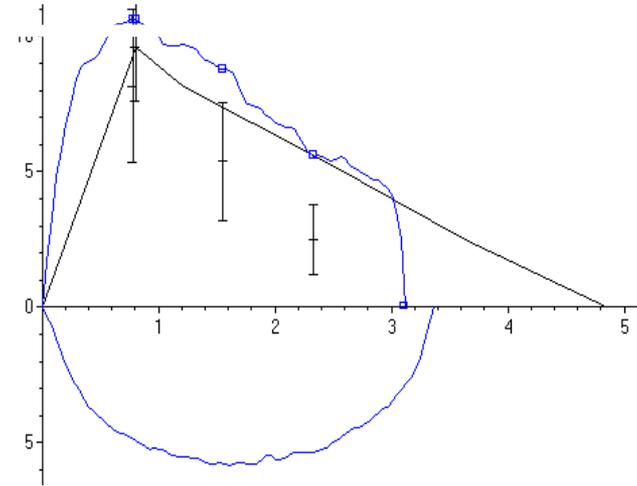
In qualche caso si può riscontrare un deficit misto, ostruttivo-restrittivo

# CONTROLLO DI QUALITÀ

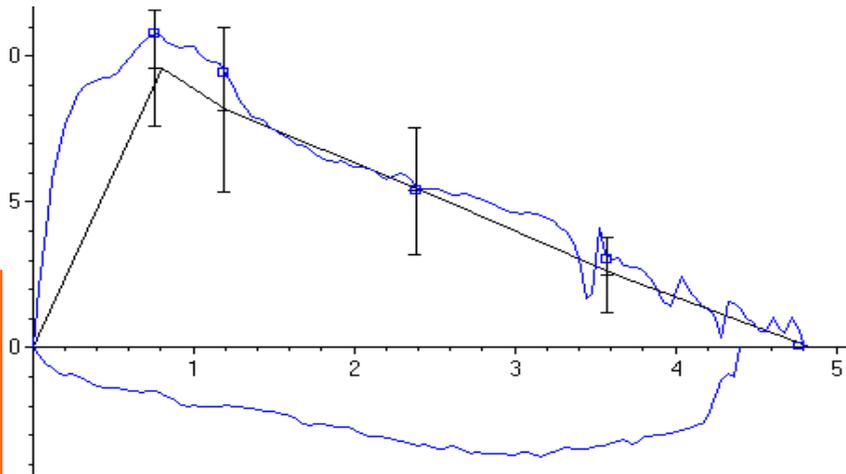
## *CURVE FLUSSO/VOLUME SCORRETTE*



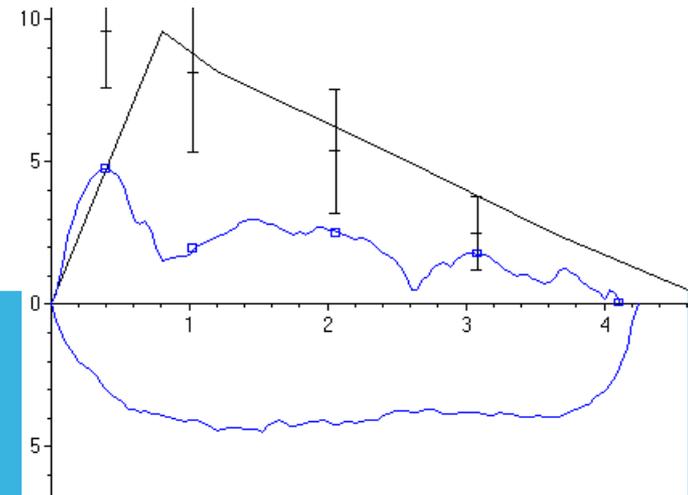
**Partenza lenta dell'espirazione**



**Arresto espirazione prima di 6'1**



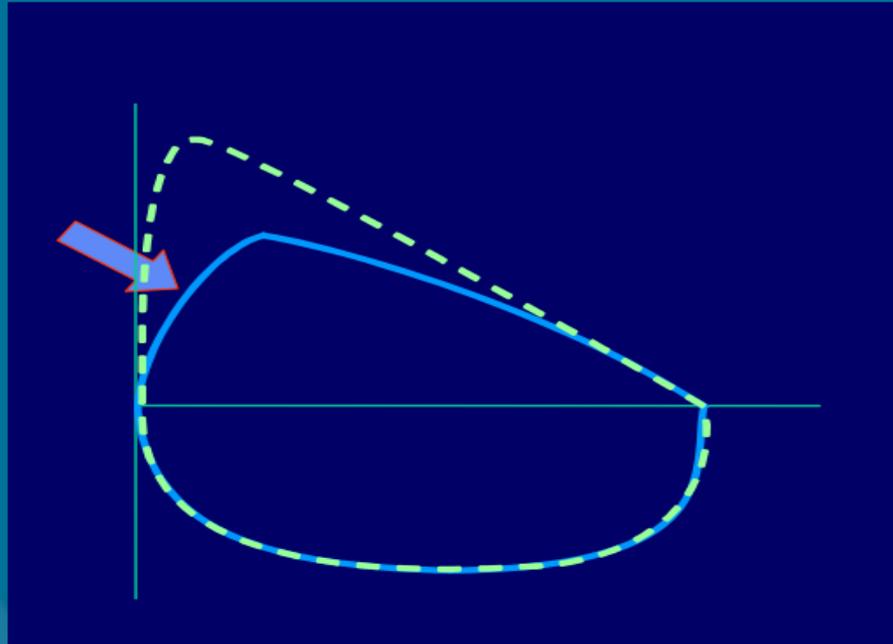
**Tosse**



**Chiusura della glottide**

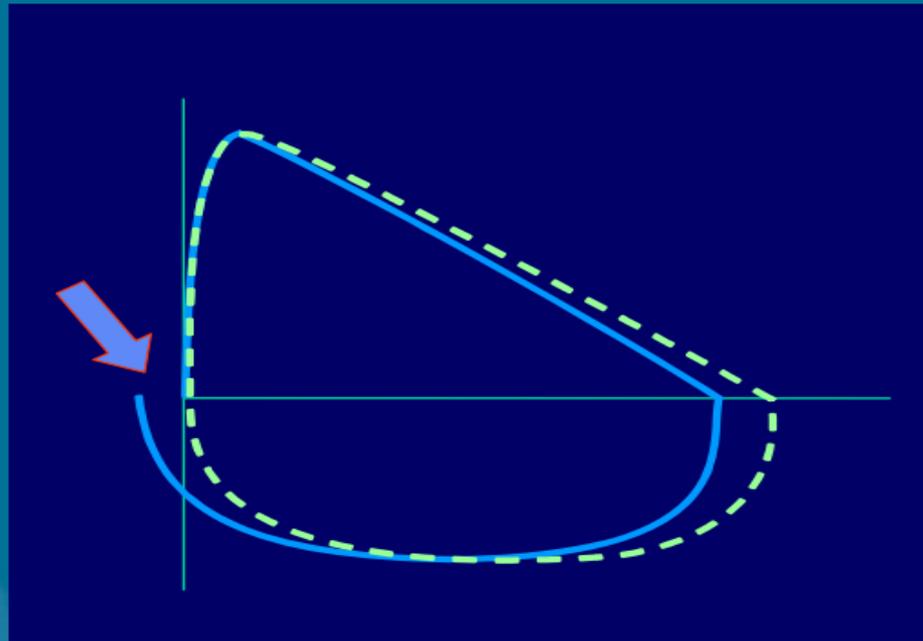
# Gli errori più frequenti

- Scarso sforzo di espirazione forzata



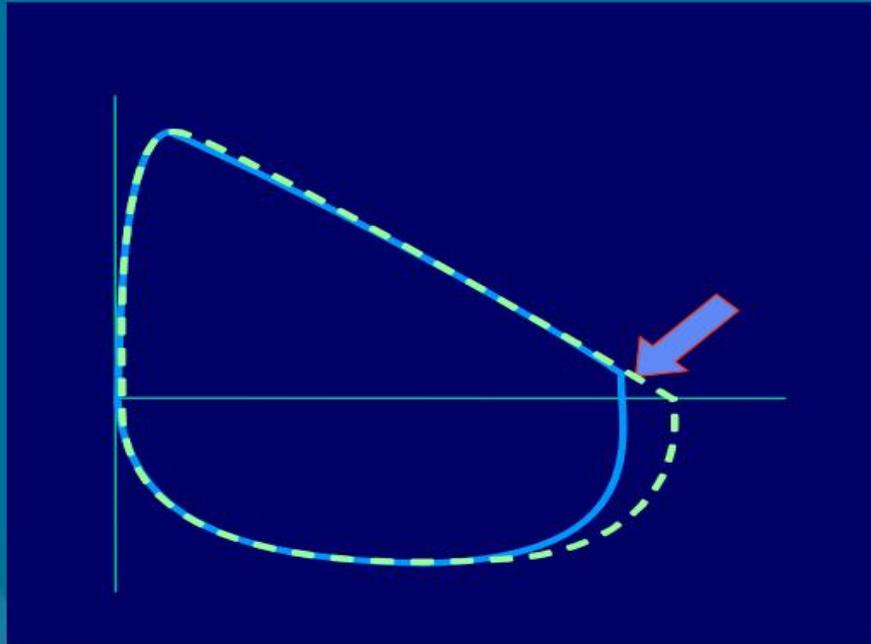
# Gli errori più frequenti

Il paziente non ha inspirato completamente all'inizio del test oppure si è verificata un'interruzione durante l'espiazione



# Gli errori più frequenti

Il paziente non ha espirato correttamente prima dell'inspirazione



# VALIDITA' DELL'ESAME SPIROMETRICO

L' American Thoracic Society stabilisce la validità di un esame spirometrico sul rispetto di due requisiti



- almeno 3 curve esenti da difetti tecnici di esecuzione (sono definite “curve accettabili”)
- valori di FVC e FEV1 coerenti tra le curve

**American Thoracic Society. Standardization of spirometry 1994 update. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152 (3): 1107-1136**



## DA TENER PRESENTE

che si tratta di un esame apparentemente di semplice realizzazione, ma non è così in quanto la validità dei suoi risultati dipende strettamente dal rispetto di vari fattori, quali la stretta collaborazione tra soggetto da esaminare e il sanitario esaminatore, quali i requisiti di qualità della strumentazione usata e la standardizzazione dei protocolli operativi nella esecuzione delle manovre respiratorie.

**Di difficile esecuzione in bambini di età inferiore ai 5-6 anni.**

GRAZIE

