**Integrazione ospedale territorio: percorsi diagnostico-terapeutici**
a cura del "Journal Club of Pediatrics" 2018

**Responsabili del corso**
Dott.ssa Iride Dello Iacono
Dott.ssa Antonella Casani
Dott.ssa Maria Carmen Verga

# Spirometria e parametri di funzionalità respiratoria

**Autore**
Dott. Alfredo Boccaccino
Pediatra Allergologo. ASL Salerno

**Relatore del corso** Dott. Alfredo Boccaccino. Pediatra Allergologo. ASL Salerno

## Principali cambiamenti da indurre

La definizione delle basi fisiopatologiche, delle caratteristiche, della corretta esecuzione e dell'interpretazione della spirometria scaturisce dall'esigenza di

- aumentare l'appropriatezza di utilizzo di questo test diagnostico nelle patologie respiratorie in età pediatrica
- ottimizzare le terapie evitando quele terapie inappropriate
- ottimizzare l'utilizzo di altreindagini diagnostiche
- razionalizzare l'invio ai Centri di 2° e 3° livello.

## Destinatari ed obiettivi del percorso

I destinatari di questo documento sono i pediatri di famiglia, i pediatri ospedalieri, i medici di medicina generale.

## Strategie di implementazione

Il documento sarà proposto e discusso negli incontri del corso "Journal Club of Pediatrics in Benevento 2018". Ne verrà data ampia diffusione ai corsi di formazione per neuropsichiatri infantili, pediatri di famiglia, pediatri ospedalieri e medici di medicina generale

## Indicatori di qualità

Qualche indicatore essenziale sottoposti a verifica periodica:

- N° di casi correttamente identificati, confermati presso il Centro di riferimento in Campania
- Diminuzione di test diagnostici inappropriati
- Numero di casi gestiti dal pediatra e dallo specialista allergologo

## Linee Guida, documenti di Consensus ed evidenze scientifiche

Il principale documento di riferimento è il supplemento sulle prove di funzionalità respiratoria di Enrico Lombardi e Alfredo Boccaccino, pubblicato nel 2016 sulla rivista ufficiale della SMRI, "Pneumologia pediatrica"[1]

**Popolazione e il *setting* di cura a cui è principalmente rivolto il percorso.**
La popolazione di riferimento è rappresentata da pazienti in età pediatrica e adolescenziale
Il percorso è applicabile all'attività ambulatoriale del pediatra di famiglia, che, solitamente, gestisce il bambino, all'ambiente ospedaliero ed ai Centri specialistici di 2° e 3° livello

**L'asma bronchiale** è da considerarsi malattia cronica e come altre patologie croniche, tipo diabete e ipertensione, necessita di un monitoraggio periodico dei parametri funzionali.
E' la patologia respiratoria in età pediatrica per la quale è più frequentemente richiesta la spirometria.
A differenza di quel che avviene nelle altre patologie, dove il pediatra pratica agevolmente tali controlli (glicemia, valori pressori), la stessa cosa non accade per l'asma.
Lo studio della funzionalità respiratoria viene richiesto e praticato ancora poco, forse per la scarsa dimestichezza che si ha con la valutazione spirometrica.
I bambini asmatici e i loro genitori possono avere una bassa percezione dei sintomi respiratori, per cui l'ausilio diagnostico strumentale diviene spesso insostituibile.
È importante che il pediatra sia in grado di conoscere bene tutti gli aspetti relativi alla valutazione funzionale e possa decidere di praticarla nel proprio ambulatorio o di prescriverla presso centri specializzati, ciò al fine di rendere la diagnosi e la terapia dell'asma bronchiale in pediatria molto più efficaci.

### SPIROMETRIA

È la misurazione dei volumi polmonari dinamici e dei flussi respiratori nel corso di un'inspirazione massimale fino alla Capacità Polmonare Totale (TLC), seguita da un'espirazione forzata continuata fino al completo svuotamento dei polmoni, con il raggiungimento del volume residuo.

**Necessita per la sua esecuzione di una discreta collaborazione, che non sempre il bambino è in grado di fornire**.

I sintomi dell'asma possono essere scarsamente percepiti dal paziente, sia quando vi è un interessamento esclusivo delle piccole vie aeree, sia con alterazioni più estese. In questi casi diviene importante, nel sospetto dell'esistenza di una patologia cronica, effettuare una buona diagnostica differenziale, usando le potenzialità della spirometria, che però da sola non è efficace nello svelare precocemente variazioni del comportamento elastico polmonare.

La spirometria ha il grande vantaggio **della facilità di esecuzione e del basso costo**, abbinati alla possibilità di ottenere **parametri diagnostici e prognostici considerati "gold standard" (FEV1, FVC, indice di Tiffaneau).**

L'avvento sul mercato di strumentazioni portatili, di buona affidabilità e precisione, e collegabili a un personal computer, l'ha resa maggiormente praticabile anche in medicina ambulatoriale.

## Accorgimenti utili per aumentare la collaborazione del bambino

• Animazioni computerizzate facilitanti, da usare preferibilmente solo per addestrare il bambino a una buona manovra e non durante la misurazione
• Breve periodo di addestramento effettuato anche con il solo boccaglio monouso e spiegando bene la manovra da effettuare
• Mostrare al paziente come esegue la spirometria un bambino già esperto
• Utilizzo di personale dedicato

Se si è tenaci e pazienti, si riesce ad ottenere una spirometria valida anche in bambini in età prescolare, per i quali sono già disponibili i valori di riferimento.

## Modalità di esecuzione della spirometria

• Posizione: seduto o in piedi
• Usare uno stringinaso. Il suo uso può essere evitato nei bambini già esperti
• Labbra ben aderenti al boccaglio, evitando perdite d'aria
• Invitare il bambino a effettuare un'espirazione lenta al fine di svuotare completamente i polmoni e quindi farlo inspirare profondamente fino a riempirli in modo completo (TLC); dopo una brevissima pausa in apnea (nei bambini più piccoli questa non è necessaria), far effettuare un'espirazione forzata fino allo svuotamento completo dei polmoni (volume residuo)

• Numero massimo di prove eseguibili consecutivamente = 8
• Tempo minimo di espirazione = 3 sec <12 anni, 6 secondi >12 anni
• Sospensione della terapia broncodilatante almeno 10 ore prima del test

## Parametri misurabili

**Capacità vitale forzata (FVC):** volume di aria complessiva espirata fino al raggiungimento del volume residuo.
**PEF**: picco di flusso espiratorio, indica la massima velocità raggiunta durante l'espirazione, che di solito si ottiene dopo 1/10 di secondo.
**FEV1 o VEMS**: volume di aria espirata nel primo secondo.
**Indice di Tiffaneau**: rapporto tra FEV1 e FVC.
**FEF 25, 50, 75**: velocità dell'aria espirata, espressa in litri al secondo e misurata al 25%, 50% e 75% della FVC.
**FEF 25-75**: è il valore posto sulla porzione intermedia di una linea ideale che unisce FEF 25 e FEF 75, è diverso dal FEF 50 ed è utilizzato per esprimere con un unico valore il comportamento dei flussi parziali.

## Criteri di accettabilità

• morfologia della curva (assenza di artefatti come: tosse, inizio ritardato dell'espirazione forzata, sforzo espiratorio insufficiente, interruzione precoce dell'espiro)
• durata dello sforzo superiore a 3 secondi
• tre prove sovrapponibili con variazione inferiore al 10%

La curva da prendere in considerazione è quella tra le tre accettabili che presenta il maggior valore della somma tra FVC e FEV1.

Nella **scelta dello spirometro** sceglierne sempre uno che consenta di visualizzare la curva flusso-volume durante la sua esecuzione.

## Curve volume-tempo e flusso-volume

La rappresentazione grafica della spirometria è espressa da una curva volume/tempo, nella quale, sull'asse delle ascisse, è riportato il valore del tempo, sulle ordinate quello della quantità di aria espirata (volume). Tale curva non è usata in fase diagnostica, ma soprattutto per valutare la corretta durata dello sforzo espiratorio.

**Molto più importante è la curva flusso-volume**.
La morfologia di una curva flusso-volume normale è riportata nella Figura 1.
Sull'asse orizzontale è posto il volume di aria espirata o inspirata espresso in litri.
Sull'asse verticale la velocità con la quale l'aria fuoriesce dai polmoni (flusso) espressa in litri al secondo.

Nella Figura 1, la linea orizzontale di colore nero (larghezza della curva) indica la **capacità vitale forzata (FVC),** la linea arancio indica **il FEV1**.
Il FEV1 varia nel bambino normale tra l'85% e il 90% della FVC.

La curva espiratoria (grigia) indica il **flusso espiratorio**, cioè la velocità con la quale l'aria esce dai polmoni durante tutto l'atto espiratorio.

Come si può notare vi è **una prima fase** di rapida ascesa della velocità, legata all'inizio della manovra espiratoria forzata, durante la quale si invita il paziente a effettuare un atto espiratorio "esplosivo", in modo da esaurire tutta l'azione legata alla muscolatura volontaria (parete addominale).
La quantità di aria espirata prima del picco di flusso deve essere inferiore al 5% della FVC ed è definita "sforzo-dipendente", essendo determinata oltre che dal ritorno elastico anche dalla partecipazione volontaria dei muscoli espiratori.

**Dopo tale fase**, che dura un decimo di secondo e il cui apice ci dà il valore del picco di flusso espiratorio (PEF), vi è una **rapida discesa della velocità**: tale fenomeno è legato alla compressione dinamica delle vie aeree.
La porzione della curva espiratoria flusso-volume è definita, nella sua parte discendente, come "sforzo-indipendente" ed è strettamente correlata alle resistenze respiratorie, essendo determinata solo dal ritorno elastico del polmone e della gabbia toracica.

## Interpretazione

Con la spirometria non è possibile fare una diagnosi specifica, ma solo collocare il quadro clinico in esame tra: **sindromi ostruttive, sindromi restrittive e normalità**.

I valori ottenuti possono essere confrontati con i valori previsti (predetti) (Fig. 2) o con valori precedenti dello stesso paziente (valutazione longitudinale).

La valutazione dei predetti non deve far commettere l'errore di sottostimare un valore apparentemente normale che, se confrontato con valori precedenti, denota invece un peggioramento della funzionalità respiratoria.

Naturalmente **se non si dispone di misurazioni pregresse diviene estremamente importante eseguire almeno un test di broncodilatazione (BD)**. Infatti se il test di BD è positivo si avrà un'indicazione importante su quale sia il best-FEV1 per il paziente in esame, quindi il FEV1 post BD diventa il valore normale di riferimento per quel paziente.

**L'indice di Tiffaneau (I.T.)** è un valore importate nell'ambito della diagnostica differenziale, può essere anche più sensibile del solo FEV1 nel definire la gravità del quadro asmatico.
Infatti se vogliamo graduare la gravità dell'asma è preferibile utilizzare invece che il FEV1, l'I.T., le cui variazioni sembrano maggiormente correlate alle variazioni cliniche.

**Il FEV1** è un indice importante e altamente riproducibile della spirometria, ma proprio perché non è selettivo per quella porzione della curva influenzata maggiormente dall'elasticità polmonare (sforzo-indipendente), può capitare che in alcuni casi non sia di grande aiuto nel monitoraggio della malattia asmatica.

**I flussi parziali, soprattutto il FEF 50 e il FEF 25-75** rappresentano un ausilio importante in alcuni casi di asma.
Questi indici sono molto sensibili, possono indicarci un'alterazione iniziale della malattia e sono maggiormente correlati all'iperreattività bronchiale, ma per la loro alta variabilità hanno alcune limitazioni:
1. possono essere presi in considerazione solo nei pazienti con FVC normale (in caso di asma grave vi è un aumento del volume residuo e un fenomeno di air trapping che rende falsamente normali i flussi parziali e determina una riduzione della FVC);
2. il limite normale è posto al di sopra del 70% del predetto;
3. nel test di BD è considerata variazione significativa un aumento del loro valore "post BD" superiore al 45%.

## Compressione dinamica delle vie aeree

Le vie aeree prive di sostegno cartilagineo, quindi facilmente collassabili, si trovano tutte circondate da tessuto polmonare, per cui risentono dell'aumentata pressione esercitata al loro esterno durante l'espirazione forzata (compressione) e tendono a collassare, creando una riduzione progressiva del flusso.

Il punto delle vie aeree nel quale, durante l'espirazione forzata, la pressione interna equivale a quella pleurica è detto equal pressure point (EPP) e si sposta durante questa fase espiratoria dalle vie aeree centrali a quelle periferiche (compressione dinamica).
Le vie aeree che tendono a ostruirsi in seguito alla compressione sono quelle a monte dell'EPP, cioè dove la pressione è inferiore a quella pleurica (Fig. 5). Ecco perché i flussi parziali, cioè le velocità relative al 75%, 50% e 25% della capacità vitale forzata, rappresentano, a mano a mano che ci si sposta verso la parte finale dell'espirazione (FEF 75), la limitazione al flusso delle vie aeree più distali (piccole vie aeree).

**La spirometria risente in modo indiretto dell'alterata elasticità polmonare** che sfocia in una riduzione del flusso espiratorio, soprattutto nella zona sforzo-indipendente.

Proprio su questo caratteristico comportamento della limitazione al flusso è basata la diagnostica spirometrica dell'asma, sia per la riduzione del FEV1, che comprende però anche la parte sforzo-dipendente, sia per la riduzione dei flussi parziali (sforzo-indipendenti).

## Ostruzione respiratoria

L'ostruzione respiratoria può avvenire a diversi livelli: laringe, trachea, grossi e medi bronchi, piccole vie aeree.

La morfologia della curva FV avrà un aspetto differente a seconda dei vari tipi di ostruzione (Fig. 3).
Nel caso dell'asma (Fig. 4) il grado di ostruzione varia e così il tipo di reperto, che può essere rappresentato dalla sola riduzione dei flussi parziali con FEV1 e FVC normali (ostruzione delle piccole vie aeree) o dalla riduzione anche del FEV1 con FVC normale e riduzione dell'I.T. al di sotto dell'85%.
Nei gradi severi, con aumento del volume residuo vi sarà una riduzione della FVC, determinata da una collassabilità estremamente facile delle vie aeree che non consentono il normale svuotamento dei polmoni (air trapping).
Il FEV1 è l'indice respiratorio più strettamente correlato a una valutazione prognostica dell'asma. Un aumento della sensibilità prognostica potrebbe essere ottenuto, come suggerito da alcuni autori, usando il rapporto FEF 25-75/FVC.

### Test di broncodilatazione

È semplice da eseguire e fornisce utili indicazioni sulla componente broncostrittiva del paziente in esame.
Può essere utile oltre che nel bambino con anomalie spirometriche anche nel bambino con valori basali solo apparentemente normali.

Dopo aver praticato una spirometria basale si somministra salbutamolo per aerosol e si esegue una nuova spirometria dopo 20 minuti.

La dose di salbutamolo può essere somministrata anche sotto forma di spray predosato in dose terapeutica o in dose maggiore al fine di ottenere il massimo dell'effetto broncodilatante (noi preferiamo somministrare 400 mcg spray con distanziatore).
L'indice più importante da valutare è il FEV1, che indica un test positivo se si innalza del 12% rispetto al valore basale.
Il FEF 25-75, essendo un indice molto variabile, va preso in considerazione solo se aumenta oltre il 45% e mai da solo, ma considerando sempre la storia clinica del soggetto, valutandolo nel tempo con altre spirometrie e con altri test di funzionalità respiratoria e assicurandosi che i valori della FVC siano normali.

La positività del test di BD è altamente indicativa per una diagnosi di asma, soprattutto se abbinata alla presenza di sintomatologia specifica.
La negatività del test di BD può dipendere sia dal fatto che i disturbi respiratori del soggetto non sono di origine asmatica, sia dalla necessità, per presenza di ipersecrezione, di una terapia antinfiammatoria prolungata, prima di ottenere un test di BD positivo.
Nei pazienti con asma grave potrebbe ottenersi una broncodilatazione quantitativamente meno intensa che in quelli con asma di media entità.
Ciò è dovuto all'edema dei tessuti, per cui è necessaria una terapia cortisonica prima di valutare un buon effetto del broncodilatante.

Un effetto paradosso (peggioramento dopo salbutamolo del FEV1) è spesso dovuto a una variazione nell'esecuzione dello sforzo eseguito o a un fenomeno di compressione dell'aria intratoracica.

Per le ragioni suddette il test di BD può dare falsi negativi, soprattutto se il paziente asmatico ha una spirometria basale perfettamente normale o ha un'asma grave.

**Deficit restrittivi**

Sono caratterizzati da una riduzione complessiva dei volumi polmonari. La riduzione dei volumi coinvolge anche il FEV1, per cui l'I.T. (FEV1/FVC) resta normale (Fig. 4).
Tipici esempi di malattie pediatriche restrittive sono: fibrosi cistica, fibrosi interstiziale e polmonite interstiziale.
Naturalmente qualunque lesione occupante spazio all'interno dei polmoni porta a una riduzione dei volumi respiratori.
Alterazioni della gabbia toracica possono portare anch'esse a deficit restrittivo, tipo: cifoscoliosi, malattie neuromuscolari, anomalie della gabbia toracica.

**Vie aeree centrali**

La morfologia della curva FV può indicarci se l'ostruzione è a livello delle alte vie aeree o se siamo di fronte a un'ostruzione delle vie aeree centrali (Fig. 3).
La porzione inspiratoria della curva non risente dell'effetto di compressione dinamica, poiché le vie aeree si trovano in una situazione di pressione maggiore rispetto a quella pleurica, quindi non ha valore diagnostico nell'asma.
Nelle forme di ostruzione glottica, tracheale o da compressione neoplastica della trachea tale porzione inspiratoria tende ad appiattirsi.
La curva espiratoria risulta appiattita nelle ostruzioni fisse delle vie aeree superiori.

## Test di provocazione aspecifici

Servono a misurare la reattività bronchiale del paziente in seguito alla somministrazione di stimoli broncocostrittori aspecifici quali: metacolina, aria fredda, nebbia ultrasonica.
**Il test più diffuso è quello con metacolina, molto utile nell'escludere la diagnosi di asma** in caso di negatività. Il suo potere predittivo negativo è superiore a quello positivo, essendo positivo anche in altre patologie respiratorie e in situazioni di iperreattività transitoria (infezione, rinite).

Trova la sua maggiore utilità allorquando vi è un sospetto di asma su base clinica con una spirometria normale e un test di broncodilatazione negativo.

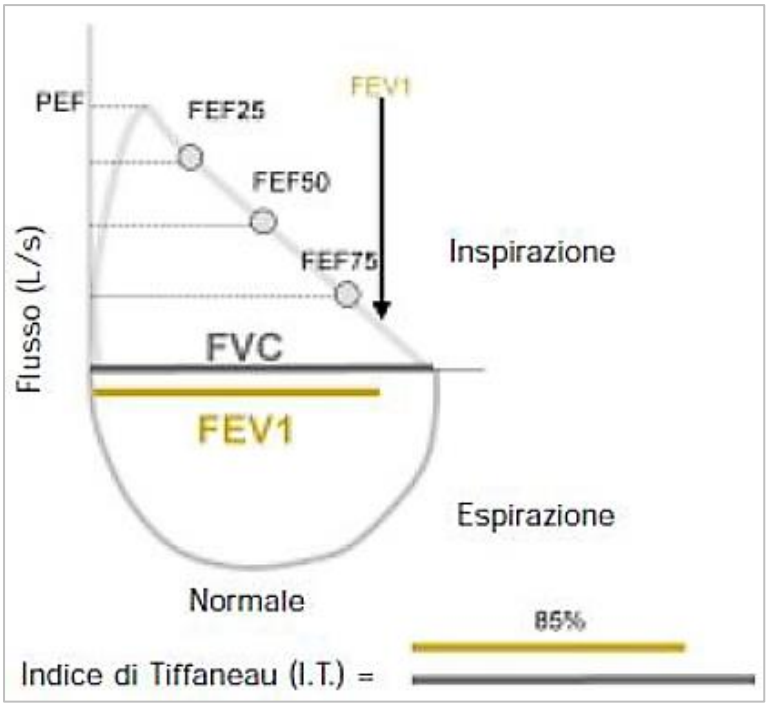



**Fig. 1**

| Parametro | Valore normale (% pred) |
|---|---|
| FVC | >80% |
| $FEV_1$ | >80% |
| $FEF_{25-75}$ | >70% |
| $FEV_1/FVC$ | >83-85% |
| Test di broncodilatazione positiva se | |
| $FEV_1$ | +12% |
| $FEF_{25-75}$ | +45% |

**Fig. 2**

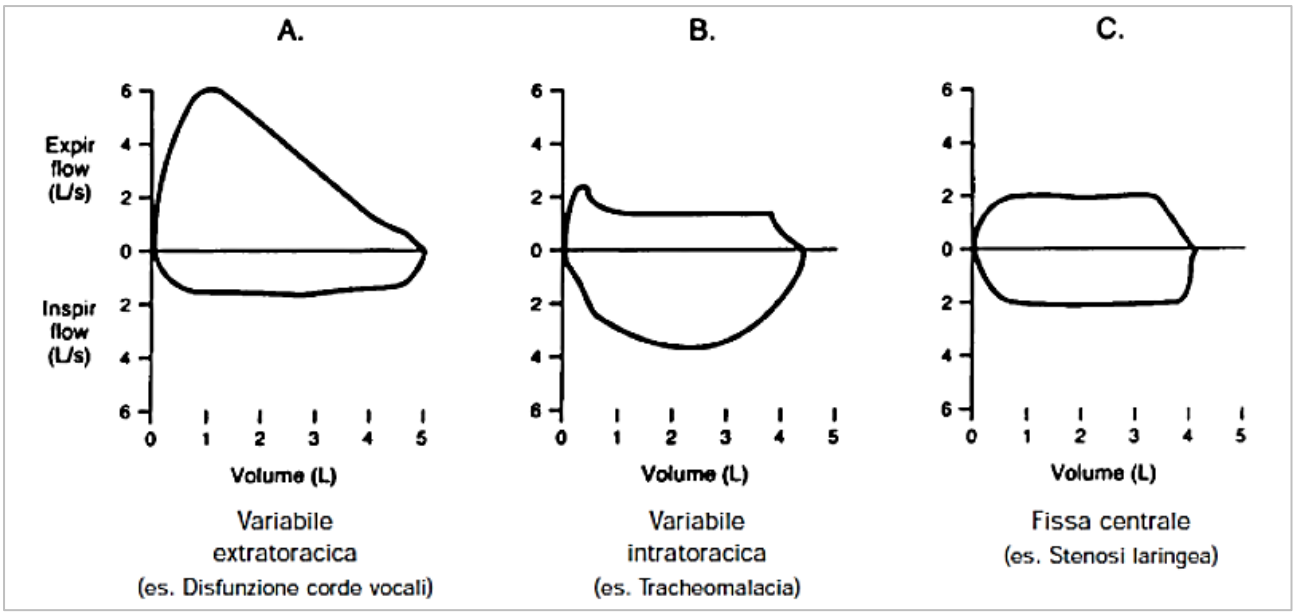

A.
B.
C.
Expir flow (L/s)
Inspir flow (L/s)
6
4
2
0
2
4
6
0 1 2 3 4 5
Volume (L)
Variabile extratoracica
(es. Disfunzione corde vocali)
Variabile intratoracica
(es. Tracheomalacia)
Fissa centrale
(es. Stenosi laringea)

**Fig. 3**

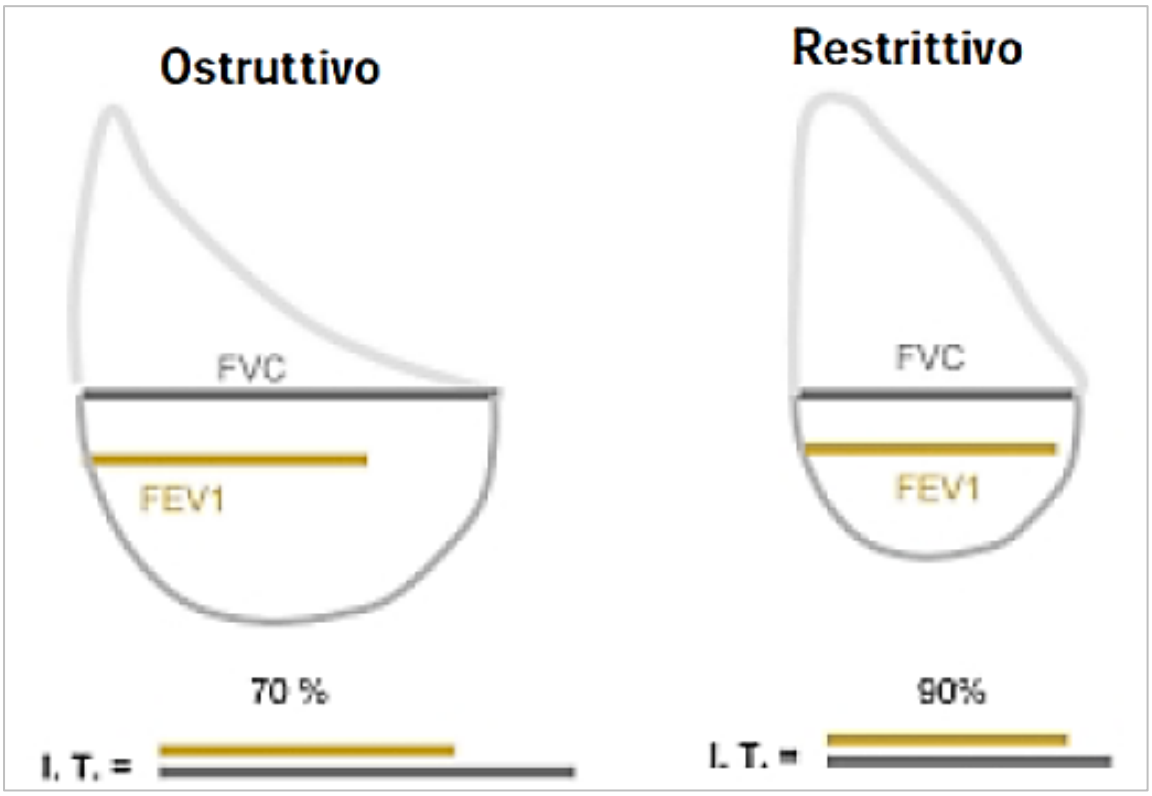
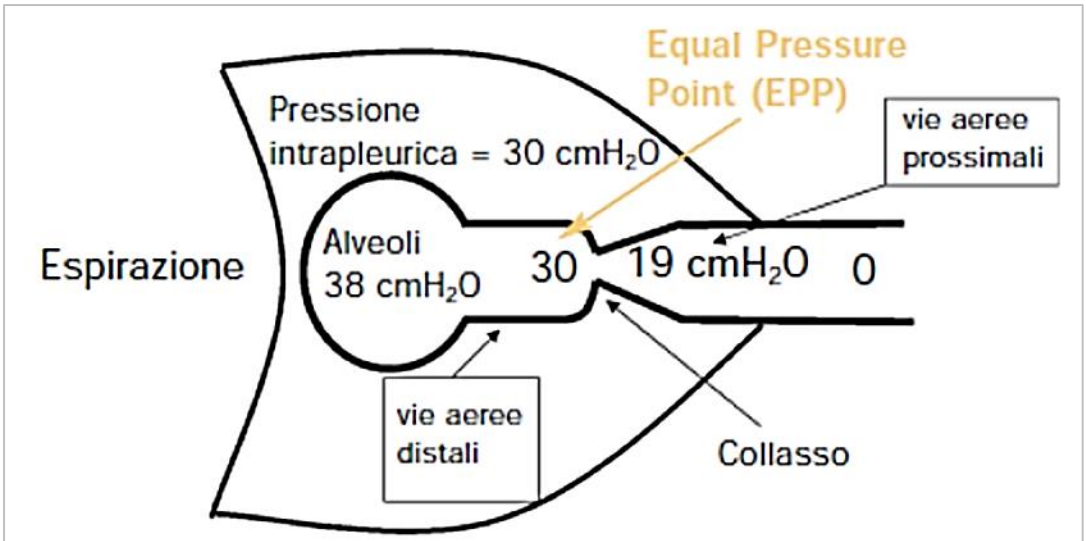

Ostruttivo
Restrittivo
FVC
FEV1
FVC
FEV1
70 %
90%
I. T. =
I. T. =

**Fig. 4**




Durante la fase espiratoria, nella zona a monte dell'EPP la pressione all'interno delle vie aeree (19 $cmH_2O$) tende a assere minore di quella pleurica (30 $cmH_2O$), per cui si verifica una compressione delle vie aeree (19•30 = •11 $cmH_2O$). L'EPP si sposta durante le varie fasi espiratorie dalle vie aeree prossimali a quelle distali (compressione dinamica).

**Fig. 5**

## BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Lombardi A, Boccaccino A. Prove di funzionalità respiratoria. Pneumologia Pediatrica. Vol 16, n° 62, 2016