

Bösch • Criée

Prove di fun
respiratoria

Prove di funzionalità respiratoria

Realizzazione, interpretazione, referti

Dennis Bösch • Carl-Peter Criée

Prove di funzionalità respiratoria

Realizzazione, interpretazione, referti

Edizione italiana a cura di
Andrea Rossi

 Springer

Dennis Bösch
Zentrum für Pneumologie
Diakoniekrankenhaus
Rotenburg (Wümme)
Deutschland

Carl-Peter Criée
Ev. Krankenhaus Göttingen-Weende e.V
Medizinische Klinik - Pneumologie
Bovenden-Lenglern
Deutschland

Tradotto dal titolo originale
Lungenfunktionsprüfung
Durchführung Interpretation Befundung
© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2007

Edizione italiana tradotta da:
Emanuela Morinello
Assistente, Divisione di Anestesia e Terapia Intensiva
Policlinico Saarland, Homburg
Germania

rivista da:
Guido Polese
USC Pneumologia
Ospedali Riuniti, Bergamo

curata da:
Andrea Rossi
Direttore USC Pneumologia
Ospedali Riuniti, Bergamo

ISBN 978-88-470-0798-7

e-ISBN 978-88-470-0799-4

Quest'opera è protetta dalla legge sul diritto d'autore, e la sua riproduzione è ammessa solo ed esclusivamente nei limiti stabiliti dalla stessa. Le fotocopie per uso personale possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto. Le riproduzioni per uso non personale e/o oltre il limite del 15% potranno avvenire solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, Via Corso di Porta Romana n. 108, Milano 20122, e-mail segreteria@aidro.org e sito web www.aidro.org. Tutti i diritti, in particolare quelli relativi alla traduzione, alla ristampa, all'utilizzo di illustrazioni e tabelle, alla citazione orale, alla trasmissione radiofonica o televisiva, alla registrazione su microfilm o in database, o alla riproduzione in qualsiasi altra forma (stampata o elettronica) rimangono riservati anche nel caso di utilizzo parziale. La violazione delle norme comporta le sanzioni previste dalla legge.

Springer fa parte di Springer Science+Business Media
springer.com
© Springer-Verlag Italia 2009

L'utilizzo in questa pubblicazione di denominazioni generiche, nomi commerciali, marchi registrati, ecc. anche se non specificatamente identificati, non implica che tali denominazioni o marchi non siano protetti dalle relative leggi e regolamenti. Responsabilità legale per i prodotti: l'editore non può garantire l'esattezza delle indicazioni sui dosaggi e l'impiego dei prodotti menzionati nella presente opera. Il lettore dovrà di volta in volta verificarne l'esattezza consultando la bibliografia di pertinenza.

Layout copertina: Simona Colombo, Milano
Impaginazione: C & G di Cerri e Galassi, Cremona
Stampa: Arti Grafiche Nidasio, Assago (Milano)

Stampato in Italia
Springer-Verlag Italia S.r.l., Via Decembrio 28, I-20137 Milano

Prefazione all'edizione italiana

*quel rosso di pel Foscolo detto ...
... guarda la borsa se ti viene appresso.*

Così rispose, il cav. Vincenzo Monti,
a chi l'aveva giusto appellato:
“*gran traduttore dei traduttori d'Omero*”.

Anche se la traduzione del cav. Monti è talmente lodata da essere stata definita non una traduzione ma un'Iliade in italiano, consentendo a molti volenti (gli accademici) e nolenti (gli studenti!) di accostarsi ad un indubbio capolavoro della mente umana, lo spettro di quegli acidi versi di Ugo Foscolo si aggira ancora, più vivo che mai, nel mondo letterario e scientifico. La traduzione è percepita come sinonimo di mancanza di originalità, di plagio, di basso livello culturale e chi più ne ha più ne metta. Invece, la traduzione di un testo dalla lingua originale in cui è stato generato ad altre lingue è uno straordinario mezzo di trasmissione del sapere. Certo, gli uomini colti del mondo antico conoscevano il latino ed il greco. Non si traduceva comunemente dall'uno all'altro. Si leggeva il testo in lingua originale! Le altre lingue (o dialetti) erano stigmatizzate come un ridicolo susseguirsi di suoni inaccessibili ed inutili (oi barbaroi). Nel mondo moderno, quasi tutti, tranne i francesi, si piccano di conoscere ed usare tranquillamente un inglese generalizzato che gli intellettuali della perfida Albione etichettano con uno sprezzante *Globish!*

Se era tuttavia semplice liquidare con qualche battuta i dialetti della Bitinia, della Scitia, della Lusitania etc. o ignorare aristocraticamente le superflue complicazioni grafiche dell'aramaico, dell'egiziano, dell'assiro-babilonese, altrettanto non è possibile fare con lingue che propongono gli scritti di Goete, di Cervantes, di Molière, di Tolstoj e (last but not least) di Dante Alighieri! È una visione Eurocentrica, per ora. Penseremo successivamente ad arricchirla con l'arabo, il cinese ecc..

La traduzione è un evento importante per la diffusione delle idee! Tuttavia non è una procedura semplice come potrebbe, a prima vista, apparire. Chi non ricorda lo scolastico ed infinito dibattito di liceale memoria tra la traduzione “letterale” e la traduzione “a senso”?! In realtà una lingua ha una propria struttura difficilmente ricollocabile nella struttura di un'altra lingua. Alcune lingue, ad esempio il ceppo neolatino, sono più facilmente trasmissibili l'una nell'altra. Se il ceppo è differente come ad esempio tra l'originale tedesco di questo volume e la sua versione in italiano, l'operazione non è semplice ed ai limiti dell'impossibile. Da un lato, la cosiddetta traduzione letterale rende il testo fedelissimo alla lettera dell'originale, ma completamente illeggibile. Dall'altro, una versione cosiddetta libera o a senso ha forti probabilità di travisare il pensiero originario dell'autore e di trasmettere quello del traduttore.

Il Traduttore non deve condividere il pensiero dell'Autore, ma renderlo comprensibile in una lingua diversa dall'originale. Uno sforzo complesso in cui ci siamo misurati sotto la spinta dell'impulso irrefrenabile di fare un buon lavoro.

Ma perché affrontare quello sforzo e l'immane rischio di un clamoroso fallimento? Di certo non mancano buoni testi di fisiopatologia respiratoria o fisiologia clinica in Italiano. Quello che ci ha attratto di questo volume è la sua particolare struttura didattica.

Se mi si consente una breve digressione personale, durante il mio training a Montreal, Meakins-Christie Labs., ebbi l'opportunità di seguire per due anni (1982-4) i seminari di Manuel Cosio sull'interpretazione delle prove di funzionalità respiratoria. Da allora non ho più abbandonato quell'impostazione metodologica che ho tuttavia raramente ritrovato. Ho visto, maggiormente privilegiato, un atteggiamento tipo “chiavi in mano” per cui il fisiopatologo non chiede al clinico un sospetto diagnostico su cui sfidare la capacità delle misure ottenibili in laboratorio, ma fornisce un pacchetto onnicomprensivo di misure in cui il clinico si dovrebbe orientare. È una interpretazione laboratoristica della fisiopatologia respiratoria in cui non mi sono personalmente riconosciuto e che, fortunatamente, non è stata fatta propria dal documento ATS/ERS sulla spirometria (1, 2, 3).

Questo volume, di contenute dimensioni, rivitalizza invece un approccio graduale ai test di funzionalità respiratoria basato sul controllo di qualità, sull'ipotesi diagnostica e su una interpretazione dei risultati strettamente connessa alla clinica del paziente in esame.

Sono indubbiamente altri punti di forza dell'esposizione l'ampia casistica clinica e la dettagliata discussione di ogni caso. Molto utili sono non solo la richiesta di interpretazione prima della discussione del caso da parte degli autori, ma anche gli esercizi finali.

Come ebbe a scrivere John West nella prefazione ai suoi classici Essentials, se i pneumologi conoscessero la fisiopatologia respiratoria "*it would be a much better word*". Questo libro è uno strumento proficuo sia per lo specialista pneumologo sia per altri specialisti (cardiologi, geriatri, internisti) e per i medici di medicina generale per accostare le prove di funzionalità respiratoria non solo dal punto di vista interpretativo, ma anche dal punto di vista metodologico. Che non è poco!

Alcuni punti di debolezza non si possono ignorare. It's a human enterprise! particolarmente due:

- la persistenza del concetto di misurare i flussi istantanei sulla curva flusso-volume per valutare l'ostruzione delle vie aeree periferiche;
- l'accettazione dei limiti dei valori teorici di riferimento senza una visione critica degli stessi.

Inoltre, gli Autori si riferiscono, necessariamente, alla situazione in Germania con riferimenti che talvolta poco si adattano alla situazione italiana. Non è tuttavia difficile per il lettore applicare la propria personale valutazione e comprendere quali riferimenti possono essere traslati e quali invece hanno valore solo in quel contesto nazionale.

Ci sentiamo di consigliare questa lettura. Buon lavoro.

Bergamo, gennaio 2008

Andrea Rossi
Direttore USC Pneumologia
Ospedali Riuniti, Bergamo

Guido Polese
USC Pneumologia
Ospedali Riuniti, Bergamo

Bibliografia

1. Brusasco V, Crapo R, Viegi G (2005) Coming together: the ATS/ERS consensus on clinical pulmonary function testing. *Eur Respir J* 26:1-2
2. Miller MR, Crapo R, Hankinson J et al (2005) General considerations for lung function testing. *Eur Respir J* 26:153-161
3. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V et al (2005) Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 26:948-968

Prefazione all'edizione tedesca

Se la diagnosi della funzione polmonare si è andata progressivamente diffondendo, il merito va in primo luogo al progresso tecnologico che ha portato allo sviluppo di strumenti sempre più maneggevoli e di facile utilizzo. A questo si aggiunge l'interesse della comunità scientifica per una migliore conoscenza delle alterazioni della funzionalità respiratoria e delle relative metodiche d'esame, e il crescente numero di pazienti affetti da patologie delle vie aeree di tipo ostruttivo. Grazie all'importanza che oggi rivestono nella pratica clinica quotidiana, le diverse metodiche d'esame della funzione polmonare vengono ormai praticate in tutti gli ospedali e in molti ambulatori di pneumologia, di medicina interna, di medicina generale e di pediatria. Alla già diffusa spirometria si aggiungono la pletismografia corporea, il test di diffusione, la misurazione della pressione d'occlusione alla bocca ed esami di completamento con test di provocazione e con broncodilatatori.

Questo libro è indirizzato a tutti coloro che si trovino a dover preparare referti relativi ad esami di funzionalità respiratoria. Scopo del volume è di mettere il lettore in grado di descrivere i reperti e interpretare i risultati dell'esame, senza per altro prescindere da un'attenta valutazione delle condizioni cliniche dei pazienti; dopo un'introduzione breve e sistematica delle diverse metodiche, segue la descrizione di esempi pratici: vengono infatti presentati più di 60 esami funzionali di pazienti, commentati da diversi esaminatori e realizzati con svariati modelli. I punti salienti delle informazioni di base per ciascun esame, e per le alterazioni della funzione, sono descritti e riassunti separatamente. Nell'interpretazione è stata posta particolare attenzione alle direttive delle associazioni tedesche ed internazionali che operano in questo settore.

Accanto al principiante, anche lo specialista troverà informazioni importanti per la pratica quotidiana, poiché gli esempi mostrano, insieme alla classica costellazione di reperti, anche casi rari e complicati. Per concludere, l'ultimo capitolo offre la possibilità di controllare le conoscenze maturate e le abilità apprese, in base agli esercizi pratici, in parte complessi. Questo libro deve servire anche come compendio e opera di consultazione per la pratica di tutti i giorni.

Vi auguriamo una lettura interessante e ricca di insegnamento, nonché efficace e piacevole nell'interpretare le prove di funzionalità respiratoria.

Bremen, Göttingen, dicembre 2006

*Dennis Bösch
Carl-Peter Criée*

Indice

Abbreviazioni	XI
1 Veduta d'insieme delle prove di funzionalità respiratoria	1
2 Parametri inerenti alla funzione polmonare	3
2.1 Introduzione generale	4
2.2 Volumi statici e volumi dinamici	4
2.3 Parametri di flusso respiratorio	6
2.4 Parametri di resistenza	7
2.5 Parametri di diffusione	8
2.6 Parametri inerenti alla pressione d'occlusione alla bocca	8
2.7 Parametri dell'emogasanalisi	8
3 Spirometria	9
3.1 Introduzione e principi di misurazione	10
3.2 Esecuzione dell'esame	12
3.3 Alterazioni della ventilazione	12
3.4 Esempi pratici	13
4 Pletismografia corporea	43
4.1 Introduzione e principi di misurazione	44
4.2 Esecuzione dell'esame	46
4.3 Esempi pratici	46
5 Test di broncodilatazione e di broncoprovocazione	75
5.1 Introduzione	76
5.2 Test di broncodilatazione	76
5.3 Test di broncoprovocazione	76
5.4 Esempi pratici	78
6 Test di diffusione	89
6.1 Introduzione	90
6.2 Esempi pratici	91
7 Misura della pressione d'occlusione alla bocca	101
7.1 Introduzione	102
7.2 Esempi pratici	103
8 Misura del picco di flusso	109
8.1 Introduzione	110
8.2 Esempi pratici	111
9 Emogasanalisi	119
9.1 Introduzione	120
9.2 Esempi pratici	121

10	Strategie interpretative delle prove di funzionalità respiratoria	127
11	Esercizi pratici	129
	Letteratura consigliata di rilevanza clinica	149
	Elenco esempi	151
	Indice analitico	154

Abbreviazioni

ATS	American Thoracic Society	PEF	Picco di flusso espiratorio
BE	Eccesso di basi	pH	Valore pH
BGA (EGA)	Analisi dei gas ematici	PIF	Picco di flusso inspiratorio
BPCO	Broncopneumopatia cronica ostruttiva	Pimax	Pressione inspiratoria massima alla bocca
ERS	European Respiratory Society	PO₂	Pressione parziale di ossigeno
ERV (VRE)	Volume di riserva espiratorio	Raw	Resistenze delle vie aeree
FEF	Flusso espiratorio forzato	Raw,ex	Resistenza espiratoria
FEV₁	Volume espiratorio forzato nel primo secondo VEMS	Raw,in	Resistenze inspiratorie delle vie aeree
FEV₁%	Volume espiratorio forzato nel primo secondo rispetto alla capacità vitale	Raw,tot	Resistenze totali delle vie aeree
FRC (CFR)	Capacità funzionale residua	RV (VR)	Volume residuo
Hb	Emoglobina	s	Secondo
HCO₃	Bicarbonati	SaO₂	Saturazione arteriosa di ossigeno
IC (CI)	Capacità inspiratoria	sRaw,tot	Resistenza specifica delle vie aeree
IRV (VRI)	Volume di riserva inspiratorio	TC	Tomografia computerizzata
IVC (CVI)	Capacità vitale inspiratoria	TGV (VGT)	Volume di gas intratoracico
K_{co}	Transfer del monossido di carbonio	TLC (CPT)	Capacità polmonare totale
	Indice - Krogh	TL_{co}	Fattore di trasferimento. Transfer polmonare valutato col metodo del monossido di carbonio
Kg	Chilogrammo	VA	Volume alveolare
KPa	Chilopascal	VC (CV)	Capacità vitale
l	Litro	VC_{EX} (CV_{EX})	Capacità vitale espiratoria
MEF	Flusso espiratorio medio	VC_{IN} (CV_{IN})	Capacità vitale inspiratoria
P 0,1	Pressione d'occlusione alla bocca dopo 0,1 s	VT	Volume corrente
PCO₂	Pressione parziale di anidride carbonica		

Veduta d'insieme delle prove di funzionalità respiratoria



La diagnostica della funzione polmonare costituisce un campo molto esteso, composto da diverse indagini, grazie alle quali possono essere esaminate individualmente e/o globalmente diverse aree della funzione polmonare.

La funzione polmonare è il risultato dell'azione combinata di singole funzioni. Semplificando si possono distinguere i seguenti ambiti:

- ventilazione,
- perfusione,
- scambio dei gas,
- funzione della muscolatura respiratoria con il suo controllo centrale.

Insieme all'alterazione di singole funzioni, si possono presentare anche difetti combinati, o disturbi derivanti dall'interazione di singole funzioni alterate.

Per la diagnosi delle alterazioni della funzione polmonare abbiamo a disposizione, fondamentalmente, i seguenti test:

- la spirometria/pneumotacografia,
- la pletismografia corporea,
- i test di broncodilatazione e di provocazione,
- il test di diffusione,
- la misurazione della pressione d'occlusione alla bocca,
- l'emogasanalisi.

Con le singole metodiche è possibile analizzare i volumi polmonari, le velocità dei flussi, i rapporti delle pressioni toraciche, le eventuali variazioni in risposta alla somministrazione di farmaci, o all'esposizione a sostanze irritanti, così come i dati di diffusione e lo scambio gassoso.

Parametri inerenti alla funzione polmonare

- 2.1 Introduzione generale – 4
- 2.2 Volumi statici e volumi dinamici – 4
- 2.3 Parametri di flusso respiratorio – 6
- 2.4 Parametri di resistenza – 7
- 2.5 Parametri di diffusione – 8
- 2.6 Parametri inerenti alla pressione d'occlusione alla bocca – 8
- 2.7 Parametri dell'emogasanalisi – 8

2.1 Introduzione generale

L'interpretazione dell'esame della funzione polmonare richiede una perfetta conoscenza del significato dei singoli valori misurati, e della loro interazione.

Si distinguono volumi statici, indipendenti dal tempo, cioè i singoli volumi che compongono la capacità polmonare totale, e volumi dinamici definiti in relazione al tempo tramite l'esecuzione di manovre respiratorie forzate (ad es. il volume espiratorio forzato nel primo secondo). Inoltre si possono definire dei flussi espiratori forzati, cioè i parametri di flusso respiratorio (ad es. il picco di flusso), valori di pressione alla bocca, parametri di diffusione e valori emogasanalitici. I singoli parametri verranno di seguito illustrati in [Figg. 2.1, 2.2 e 2.3](#).

I singoli parametri vengono presentati come valori reali (cioè misurati), messi poi in relazione con i valori normali o teorici di riferimento, e si esprime il risultato ottenuto in termini di percentuale rispetto al valore teorico.

2.2 Volumi statici e volumi dinamici

VT	Volume corrente per atto respiratorio: è il volume che viene inspirato ed espirato in ogni atto respiratorio a riposo. Il punto d'incontro tra espirazione ed inspirazione identifica la linea media basale della ventilazione.
VRI	Volume di riserva inspiratoria: è il volume che dopo una normale inspirazione può essere ulteriormente inspirato con una manovra massimale.
CI	Capacità inspiratoria: è il volume che, a partire da una pausa espiratoria, può essere inspirato con una manovra massimale, cioè VT + IRV.
VRE	Volume di riserva espiratoria: volume che, dopo una espirazione normale, può essere ulteriormente espirato con una manovra massimale.
▼	

CV _{IN}	Capacità vitale inspiratoria (CVI): volume che, dopo un'espirazione massimale, può essere inspirato con una manovra massimale.
CV _{EX}	Capacità vitale espiratoria (CVE): volume che può essere espirato a partire da un'inspirazione massimale. Si può distinguere tra una espirazione massimale lenta ed una espirazione massimale forzata (CVF). Nei pazienti sani non si evidenzia alcuna differenza sistematica tra CVI e CVE; solo nelle patologie respiratorie di tipo ostruttivo la CVI può essere maggiore della CVE e della CVF. La CVE è normalmente maggiore della CVF.
CVF	Capacità vitale forzata: è il massimo volume che, dopo una inspirazione completa, può essere emesso con una manovra di espirazione forzata.
CFR	Capacità funzionale residua: è il volume di aria che rimane nei polmoni dopo una normale espirazione, cioè VRE + RV. Si misura con la tecnica della diluizione dell'elio nelle aree ventilate. Rappresenta fisiologicamente il VGT.
VGT	Volume di gas intratoracico: è il volume che si ritrova nei polmoni dopo una espirazione normale, cioè VRE + RV. La sua misura si ottiene per mezzo della pletismografia corporea che permette di valutare insieme alle aree ventilate anche quelle che contengono gas ma sono scarsamente ventilate. La CFR, definita con il metodo di diluizione dell'elio, valuta solo le porzioni ventilate. Nei casi in cui l'aria viene intrappolata (ad es. "trapped air" o bolle enfisematose) il VGT può essere maggiore della CFR.
RV	Volume residuo: è il volume di aria che rimane nei polmoni dopo un'espirazione massimale.
▼	

TLC	Capacità polmonare totale: è il volume di aria che si trova nei polmoni dopo una inspirazione massimale, cioè CV + RV.
FEV ₁ ▼	O VEMS: è il volume che, dopo un'inspirazione massimale, viene espirato

nel primo secondo di un'espiazione forzata, espresso come percentuale della capacità vitale (CV_{IN}, indice di Tiffenau) o della capacità vitale forzata (CVF).

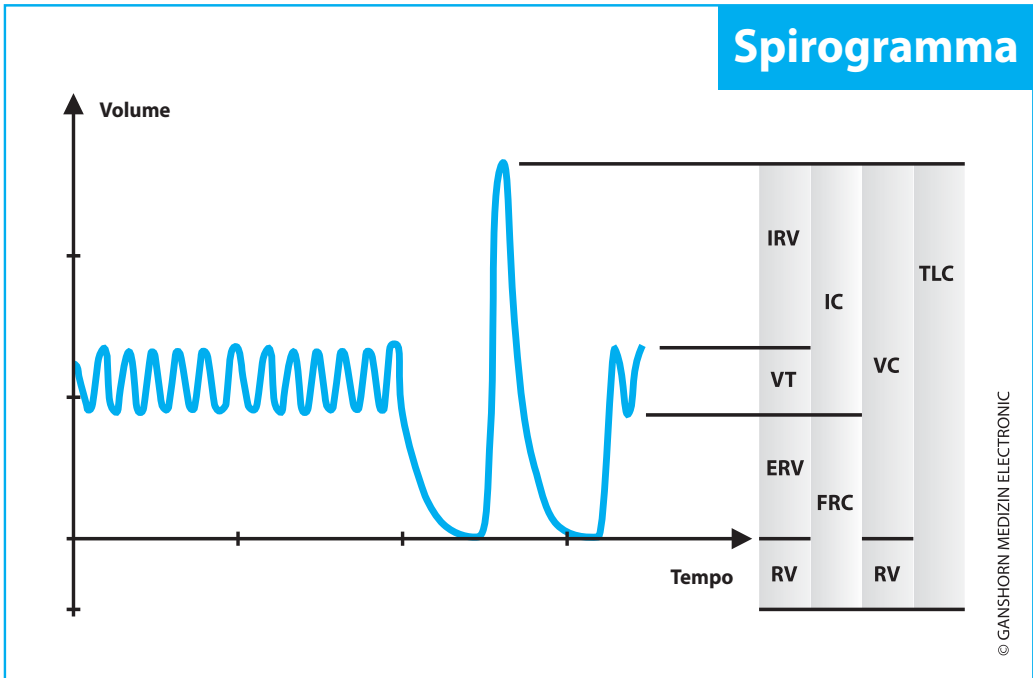


Fig. 2.1. Rappresentazione grafica dei volumi

2.3 Parametri di flusso respiratorio

PEF	Picco di flusso espiratorio, cioè la massima velocità di flusso raggiunto con espirazione forzata dopo una inspirazione massimale.
PIF	Picco di flusso inspiratorio massimo, cioè la velocità di flusso raggiunta con inspirazione forzata a partire da un'espirazione massimale.
MEF ₇₅	Flusso espiratorio massimo, cioè la velocità di flusso (Flow) al punto in cui il 75% della CVF dev'essere ancora espirato.
MEF ₅₀	Flusso espiratorio massimo, cioè la velocità di flusso (Flow) al punto in cui il 50% della CVF dev'essere ancora espirato.

MEF ₂₅	Flusso espiratorio massimo, cioè la velocità di flusso (Flow) al punto in cui il 25% della CVF dev'essere ancora espirato.
MEF ₇₅₋₂₅	Flusso espiratorio massimo medio, cioè la velocità media di flusso (Flow) nel volume compreso tra il 75 ed il 25% della CVF.
FEF ₂₅	Flusso espiratorio (forzato) massimo, cioè la velocità di flusso (Flow) al punto in cui il 25% della CVF è stato espirato (= MEF ₅₀).
FEF ₇₅	Flusso espiratorio (forzato) massimo, cioè la velocità di flusso (Flow) al punto in cui il 75% della CVF è stato espirato (= MEF ₂₅).
FEF ₂₅₋₇₅	Flusso espiratorio massimo, cioè la velocità di flusso (Flow) in un volume compreso tra il 25 ed il 75% della CVF (= MEF ₂₅₋₂₅).

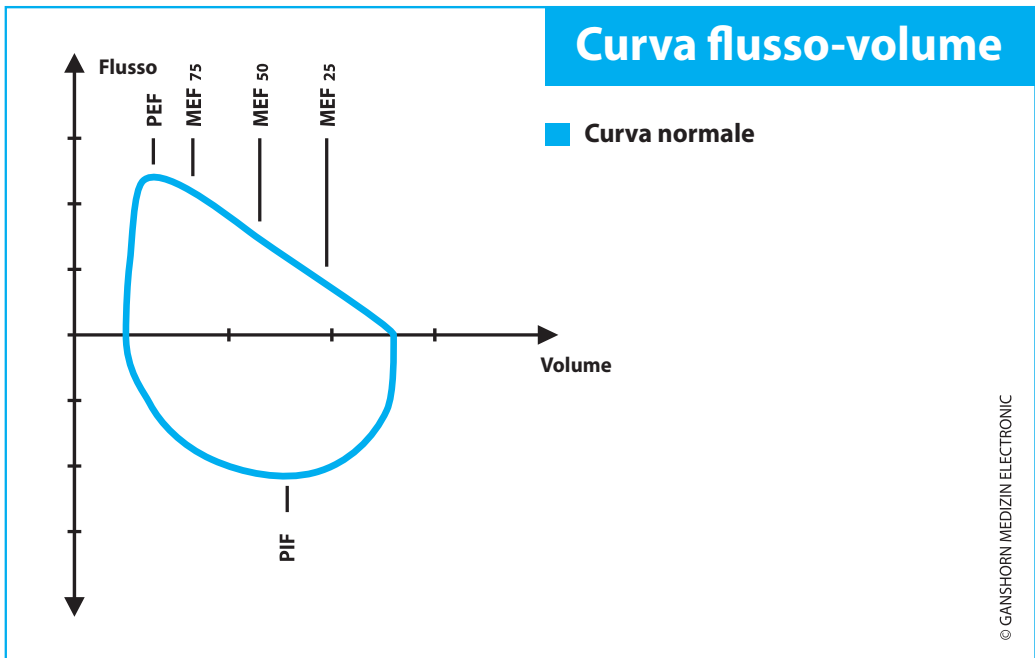


Fig. 2.2. Rappresentazione grafica dei parametri di flusso respiratorio

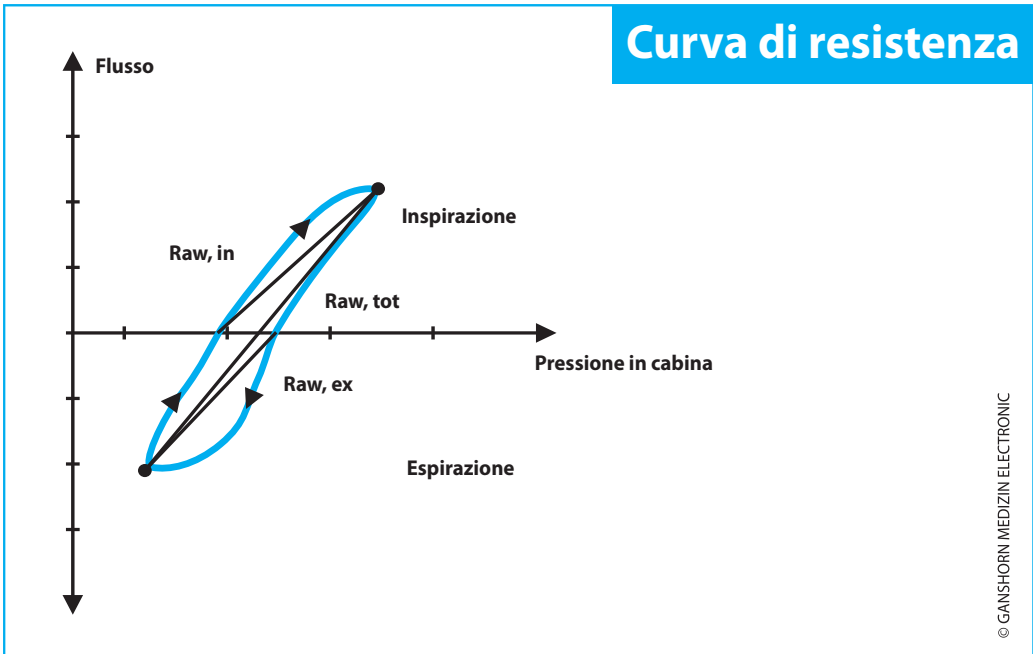
Nella **manovra di espirazione forzata (manovra di Tiffenau)** si devono considerare due fenomeni:

- Il primo fenomeno è la **dipendenza dallo sforzo** (“effort dependence”) dei flussi espiratori. Questo vale soprattutto per la prima metà della Capacità Vitale espirata. Se la collaborazione del paziente è insufficiente, i flussi espiratori sono bassi. Tuttavia, a causa della compressione delle vie aeree, i flussi espiratori forzati rilevati nello sforzo massimale sono spesso inferiori rispetto a quello submassimale. Nei casi di sforzo submassimale, non ben riproducibile, è necessario invitare il paziente ad eseguire delle manovre massimali.
- Il secondo fenomeno è la **dipendenza dal tempo** (“time dependence”). Nell’inspirazione lenta (fino a TLC), con una pausa (superiore a un secondo) prima dell’espirazione forzata, i flussi espiratori possono essere fino al 25% più bassi rispetto ad un’inspirazione rapida, senza pausa prima dell’espirazione forzata. I fattori che de-

terminano questo comportamento sono le diverse proprietà visco-elastiche polmonari e la diversa velocità d’attivazione dei muscoli espiratori nel tempo.

2.4 Parametri di resistenza

Raw,tot	Resistenza totale delle vie aeree (Resistance), cioè resistenza al flusso: resistenza media tra i due punti di fine inspirazione e fine espirazione correnti.
sRaw,tot	Resistenza totale specifica delle vie aeree: Raw,tot rapportata al volume, corrispondente a $Raw,tot \times VGT$.
Raw,ex	Componente espiratoria della resistenza.



■ Fig. 2.3. Rappresentazione grafica dei parametri di resistenza