



ON THE  
CAPACITY OF THE LUNGS,  
AND ON THE  
RESPIRATORY FUNCTIONS,

WITH A VIEW OF ESTABLISHING A PRECISE AND EASY METHOD  
OF DETECTING DISEASE BY THE SPIROMETER.

By JOHN HUTCHINSON, SURGEON.

COMMUNICATED BY GEORGE CURSHAM, M.D.,  
ONE OF THE SECRETARIES OF THE SOCIETY.

---

Received January 22nd—Read April 28th, 1846.

---

# MANUALE PRATICO DI SPIROMETRIA

PER LA SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI

“QUADERNI DI MEDICINA DEL LAVORO” - N. 3

# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
STRUMENTAZIONE	6
GESTIONE DELL'AMBULATORIO E DEL LAVORATORE	9
ESECUZIONE DELLA MANOVRA DI ESPIRAZIONE FORZATA	10
VALIDITÀ DELL'ESAME SPIROMETRICO	12
CRITERI DI ACCETTABILITÀ	13
CRITERI DI RIPETIBILITÀ	25
CLASSIFICAZIONE DI QUALITÀ DELLE SPIROMETRIE	26
PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELLA SPIROMETRIA	27
SCELTA DEI VALORI DI RIFERIMENTO	27
INTERPRETAZIONE DELLA SPIROMETRIA	29
<i>FOLLOW-UP</i> SPIROMETRICO (SORVEGLIANZA LONGITUDINALE DEI LAVORATORI)	36
SOMMARIO PER ESEGUIRE SPIROMETRIE DI QUALITÀ	37
APPENDICE 1 - VALORI TEORICI DI RIFERIMENTO PER LA FUNZIONALITÀ POLMONARE DI LAVORATORI IMMIGRATI IN RELAZIONE ALL'ETNIA ED AL SESSO	40

La sorveglianza sanitaria viene definita nel Decreto Legislativo 81/2008 come «l'insieme degli atti medici, finalizzati alla tutela dello stato di salute e sicurezza dei lavoratori, in relazione all'ambiente di lavoro, ai fattori di rischio professionali e alle modalità di svolgimento dell'attività lavorativa».

L'uso del termine "sorveglianza" esprime un'attività che va ben oltre l'esecuzione della visita medica e l'emissione del giudizio di idoneità. Il verbo "sorvegliare", infatti, significa «seguire attentamente gli aspetti, gli sviluppi di una situazione, di un fenomeno» (Grande Dizionario Italiano di Aldo Gabrielli) o anche «seguire con attenzione l'evolversi di un fenomeno» (Dizionario della Lingua Italiana Sabatini Coletti). Tali definizioni enfatizzano l'importanza dell'osservazione longitudinale nel singolo lavoratore e nel gruppo omogeneo, finalizzata alla necessità di rilevare quanto più precocemente possibile ogni variazione dello stato di salute. Evidenziano inoltre la necessità di raccogliere in forma organizzata i dati rilevati e di analizzarli nel corso del tempo. Un atteggiamento ben diverso da quello, troppo spesso riscontrato nella pratica del medico competente, basato sull'osservazione di un valore puntuale, rilevato anno per anno e mai analizzato in sequenza.

Nella sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a tossici respiratori la spirometria è l'esame che, più di altri, permette di rispondere alle esigenze di monitoraggio di importanti parametri funzionali: è un esame incruento, i valori misurati hanno una grande stabilità, sono ripetibili nella stessa sessione di prove e sono riproducibili a distanza di tempo.

Proprio in virtù di queste caratteristiche, la spirometria consente di apprezzare variazioni precoci della funzione ventilatoria, diagnosticare malattie respiratorie in fase iniziale e anche valutare l'efficacia delle misure preventive nell'ambiente di lavoro.

Tutto ciò a condizione che siano tenuti in considerazione i numerosi fattori che influenzano l'esame spirometrico, come il rispetto dei criteri di buona pratica (linee guida), le modifiche della funzione polmonare in rapporto all'età, il gruppo etnico di appartenenza, il fumo di tabacco o l'aumento ponderale.

Per questi motivi, ci è sembrato importante predisporre un manuale pratico sulla corretta esecuzione e interpretazione della spirometria, quale strumento di lavoro di rapida consultazione per il medico del lavoro.

**FRANCO ROSCELLI**

Responsabile SPSAL

Azienda USL di Parma

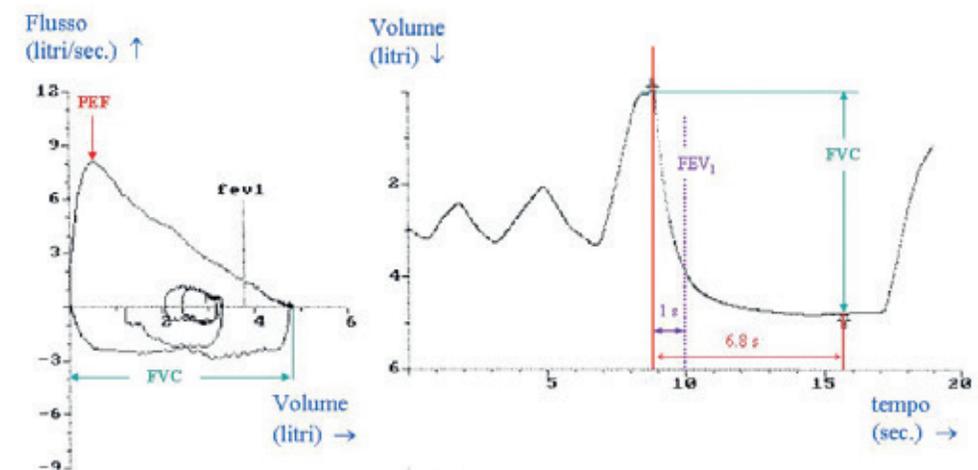
SOT Valli Taro e Ceno - Fidenza

Il termine "spirometria" è convenzionalmente considerato sinonimo di misure derivate dall'esecuzione di manovre di espirazione forzata. I parametri ottenibili sono i volumi polmonari dinamici: Capacità Vitale lenta (CV), Capacità Vitale Forzata (CVF), Volume Espiratorio Massimo al primo Secondo (VEMS) e il rapporto VEMS/CV %. Questi sono denominati dagli autori anglosassoni rispettivamente *Vital Capacity* (VC), *Forced Vital Capacity* (FVC), *Forced Expiratory Volume in one second* (FEV<sub>1</sub>) e FEV<sub>1</sub>/VC % ratio. Inoltre, con la registrazione flusso-volume della espirazione forzata si determinano i flussi espiratori massimali all'inizio dell'espirazione (Picco Espiratorio di Flusso: PEF) e a diversi volumi polmonari (rispettivamente al 25, 50 e 75 percento della CVF: FEF<sub>25</sub>, FEF<sub>50</sub>, FEF<sub>75</sub>).

Questi parametri sono alla base della sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a rischio per l'apparato respiratorio, in quanto permettono di identificare l'esistenza di un deficit funzionale di tipo ostruttivo e di suggerire un deficit di tipo restrittivo o misto. La ripetizione periodica della spirometria consente, inoltre, di seguire nel tempo l'andamento della funzione ventilatoria del soggetto esaminato.

Nella Figura 1 viene esemplificata la rappresentazione grafica delle curve Flusso-Volume (F/V) e Volume-tempo (V/t). Nel primo caso sono rappresentati i valori istantanei di flusso (in litri al secondo) e il contemporaneo volume polmonare (in litri), rispettivamente sull'asse y e x; nel grafico cartesiano bidimensionale non è presente il tempo, che dovrebbe essere rappresentato nell'asse z. L'altra curva riporta il valore in litri del volume complessivo espirato (sull'ordinata) e il tempo in secondi dall'inizio della prova (in ascissa).

**FIGURA 1** Curve Flusso-Volume (sinistra) e Volume-tempo (destra)



Si tratta di un esame solo apparentemente di semplice effettuazione. A differenza della maggior parte delle indagini mediche, nelle quali il paziente rimane passivo, per ottenere risultati spirometrici adeguati è necessaria una stretta cooperazione tra il soggetto e il sanitario esaminatore [McCormack 2016]. La validità dei suoi risultati, inoltre, dipende dal rispetto di requisiti di qualità nella strumentazione e di protocolli operativi standardizzati nell'esecuzione delle manovre respiratorie.

Se qualcuno di questi fattori è assente, i risultati possono essere falsamente aumentati o ridotti. Questo può avere un impatto rilevante sull'interpretazione delle prove di funzionalità respiratoria dei lavoratori, che può portare a conclusioni scorrette.

Il presente documento presenta sinteticamente i criteri per la standardizzazione della tecnica di esecuzione della spirometria. Vengono anche fornite indicazioni per la corretta interpretazione dei valori di volume e flusso polmonare delle spirometrie effettuate ai fini della sorveglianza sanitaria nei luoghi di lavoro. La finalità prettamente didattica, rivolta ai medici del lavoro, rende ragione di alcune semplificazioni presenti nella trattazione.

Il vademecum si basa essenzialmente sulle seguenti fonti bibliografiche:

- la serie *ATS/ERS Task Force: Standardisation of lung function testing*, in particolare le considerazioni generali sui test di funzionalità polmonare, le raccomandazioni sulla standardizzazione della spirometria e le strategie di interpretazione dei test [Miller 2005; Pellegrino 2005];
- le Linee Guida SIMLII per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti ad agenti irritanti e tossici per l'apparato respiratorio [Maestrelli 2010];
- il documento ACOEM "Spirometry in the Occupational Health Setting" [Townsend 2011];
- lo standard tecnico ATS "Spirometry in the occupational setting" [Redlich 2014].

Si fa riferimento, inoltre, al materiale didattico dei numerosi corsi tenuti dagli autori [Innocenti 2011], organizzati da Aziende Sanitarie di varie regioni italiane dal 2008 al 2016 e all'interno di quattro Congressi Nazionali SIMLII (2009, 2010, 2011 e 2013), predisposto sulla falsariga dello *Spirometry Training Program* del NIOSH.

## STRUMENTAZIONE

Gli spirometri si dividono in due grandi categorie: quelli con segnale primario di volume, cioè spirometri a circuito chiuso (campane ad acqua, a pistone, a soffiutto) e quelli

con segnale primario di flusso (a circuito aperto) da cui vengono derivati i volumi (pneumotacografi, ventole, etc.).

I primi sono meno soggetti a errore, in quanto eseguono direttamente la misura dei volumi derivandone i flussi, ma hanno dimensioni maggiori che ne ostacolano la portabilità.

Negli apparecchi portatili (misuratori primari di flusso) un programma di elaborazione interna trasforma il segnale di flusso in segnale di volume (Flusso = volume/tempo; Volume = flusso×tempo).

Le caratteristiche intrinseche di questi strumenti (come l'inerzia della turbina), le vibrazioni e gli urti durante il trasporto rendono necessari la frequente manutenzione e controllo di taratura dell'apparecchio, onde evitare errori nelle misurazioni.

Le raccomandazioni ATS/ERS e la norma tecnica europea UNI EN ISO 26782:2009 stabiliscono i requisiti minimi che gli spirometri devono rispettare per garantire la correttezza delle misure. È fortemente raccomandato che tutti gli strumenti siano corredati di una certificazione di conformità del produttore, attestante la rispondenza della strumentazione non solo alla Direttiva Europea CEE 93/42 (marchio CE) ma anche ai requisiti minimi sopra citati. Anche se i produttori sono responsabili della dimostrazione di accuratezza e affidabilità dei sistemi che vendono, spetta all'utilizzatore verificare che le misurazioni dello strumento rimangano accurate nel tempo, tramite i controlli di taratura previsti dalle linee guida.

A titolo di esempio, si riportano alcuni dei requisiti previsti dalle raccomandazioni ATS/ERS e dalla norma ISO 26782:

- rispetto dei criteri di qualità relativi a resistenza del circuito (<1.5 cm H<sub>2</sub>O per litro al secondo), accuratezza, precisione, linearità e risoluzione dei segnali di flusso e di volume, etc;
- idonea presentazione grafica delle curve volume-tempo e flusso-volume sia nello schermo che nella stampa cartacea (Tabella 1);
- possibilità di salvare tutti i dati delle prove eseguite dal lavoratore, con un minimo di 8 per sessione;
- possibilità di stampare un rapporto contenente tutte le curve volume-tempo e flusso-volume e tutti i valori delle prove eseguite o almeno delle tre migliori;
- registrazione permanente nello strumento delle tarature e dei controlli di taratura effettuati.

**TABELLA 1** Dimensioni minime per una idonea presentazione grafica delle curve volume-tempo e flusso-volume (da Maestrelli 2010)

M.R. Miller et al. Eur Respir J 2005; 26 pag 322

Fattori minimi di scala raccomandati per il volume, il flusso ed il tempo nell'output grafico nel monitor del computer e nella copia cartacea

Parametro	Monitor del computer		Copia cartacea	
	Risoluzione richiesta	Fattore di scala	Risoluzione richiesta	Fattore di scala
Volume *	0.050 L	5 mm.L <sup>-1</sup>	0.025 L	10 mm.L <sup>-1</sup>
Flusso *	0.200 L.s <sup>-1</sup>	2.5 mm.L <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup>	0.100 L.s <sup>-1</sup>	5 mm.L <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup>
Tempo	0.2 s	10 mm.s <sup>-1</sup>	0.2 s	20 mm.s <sup>-1</sup>

\*: il corretto rapporto tra segnale di flusso e di volume è di 2 unità di flusso e una di volume

Gli standard ATS/ERS prevedono un adeguato controllo di qualità degli strumenti con periodiche verifiche, da giornaliere a settimanali a trimestrali, del volume e dei flussi e della loro linearità in un range compreso tra 0 e 8 litri per il volume e tra 0 e 14 litri per secondo per il flusso. Viene raccomandato che il controllo di taratura degli spirometri portatili venga eseguito giornalmente e comunque dopo ogni trasporto, utilizzando una siringa da 3 litri. Anche gli strumenti a circuito chiuso devono essere verificati quotidianamente, per individuare eventuali perdite dal circuito.

Per garantire la confrontabilità delle misure effettuate in diverse condizioni climatiche, i volumi ventilatori vanno standardizzati alle condizioni corporee BTPS (Body Temperature and Pressure, Saturated) ovvero 37°C, pressione barometrica a livello del mare, aria satura di vapore acqueo. All'inizio di ogni sessione, è indispensabile inserire nel programma di gestione delle spirometrie i valori di pressione barometrica, temperatura e umidità relativa misurati nell'ambiente di prova. Non effettuando la correzione BTPS, si rischia di falsare in maniera significativa i dati ottenuti, in quanto il volume dei gas varia in rapporto con la temperatura e la pressione. Supponiamo, per esempio, di misurare una FVC di 5 litri in uno spirometro a una temperatura ambiente di 20°C e pressione atmosferica di 1013 hPa (equivalenti a 760 mmHg). Applicando la correzione BTPS, questa misura equivale a un volume polmonare di 5,51 litri. Se la temperatura ambientale fosse di 32°C, a parità di pressione atmosferica la correzione BTPS darebbe un volume polmonare di 5,16 litri.

## GESTIONE DELL'AMBULATORIO E DEL LAVORATORE

L'ambulatorio all'interno del quale viene effettuato l'esame spirometrico deve essere un ambiente tranquillo e con temperatura confortevole, per consentire al soggetto esaminato di indossare indumenti leggeri, che non ostacolino l'espansione della gabbia toracica.

I valori di altezza e peso devono essere rilevati direttamente dall'operatore e non riferiti dal soggetto da esaminare (che può indicare misure errate, a volte in misura notevole). Insieme alla data di nascita e all'etnia di provenienza, l'altezza è necessaria per ottenere i valori teorici di riferimento.

Nella pratica conviene, dopo i 25 anni e fino a 60-65 anni, non rimisurare più l'altezza ad ogni successivo controllo, ma tenere per buona quella misurata correttamente nella prima visita, o al termine della crescita per i giovani lavoratori. È preferibile, infatti, un errore sistematico di un centimetro piuttosto che incorrere nel rischio di erronei aumenti di statura improvvisi a 40 anni (che renderebbero incomprensibile l'andamento della funzionalità polmonare).

Per contestualizzare gli esiti dell'esame è importante raccogliere tra i dati anamnestici anche informazioni sull'abitudine al fumo o sulla recente assunzione di farmaci.

La principale controindicazione all'esecuzione della spirometria nei lavoratori è l'emottisi. Altre condizioni (pneumotorace, recente intervento addominale o toracico, trauma al torace, recente intervento agli occhi, infarto miocardico acuto entro 3 mesi, angina instabile, aneurisma toracico) sono importanti in clinica, ma di difficile riscontro in ambiente di lavoro.

Il lavoratore deve essere preventivamente istruito sui comportamenti da evitare per la riuscita ottimale dell'esame spirometrico. In particolare, è sconsigliato: effettuare sforzi intensi nei 30 minuti precedenti la prova; fumare nell'ora precedente; consumare un pasto abbondante nelle 2 ore precedenti e bere alcol nelle 4 ore precedenti l'esame spirometrico. Inoltre, anche se nel soggetto normale la variazione circadiana non ha grandi influenze sul risultato, è consigliabile eseguire la spirometria al mattino tra le ore 9 e le 12.30 (orari in cui è minore l'interferenza con i pasti). Una valida alternativa, per ottimizzare i tempi, è l'effettuazione delle prove sempre al mattino o sempre al pomeriggio negli stessi soggetti.

Le prove possono essere eseguite sia in posizione seduta che eretta; la posizione deve essere documentata nel referto e mantenuta nelle prove successive. In genere i lavoratori

preferiscono la postura eretta, che favorisce anche valori più elevati di FVC, specialmente nei soggetti obesi. Tuttavia l'espiazione forzata diminuisce il ritorno venoso e può provocare vertigini o, raramente, una sincope. Per sicurezza si può collocare una sedia (senza ruote!) dietro il soggetto, che deve essere aiutato a sedersi appena compaia un malessere. Se il lavoratore ha una storia positiva per vertigini è raccomandata la posizione seduta.

Occorre assicurarsi che il soggetto mantenga, all'inizio della prova, il busto eretto con la muscolatura rilasciata e posizioni il boccaglio correttamente, per evitare perdite ai lati della bocca o di ostruire il foro con la lingua. È indispensabile l'uso di uno stringinaso.

Si raccomanda di utilizzare sempre boccagli monouso con filtro antibatterico a bassa resistenza, che minimizzino la possibilità di contaminazione degli strumenti e dei pazienti, senza pregiudicare la corretta misura dei volumi. Seppur basso, infatti, è da tenere in conto il rischio di infezioni trasmissibili per contatto con la saliva o per via aerea. È opportuna la disinfezione delle superfici interne dell'apparecchio e dello stringinaso, oltre all'uso di guanti, in particolare da usare nella sostituzione del boccaglio, associato a un accurato lavaggio delle mani, prima e dopo il contatto con l'apparecchio.

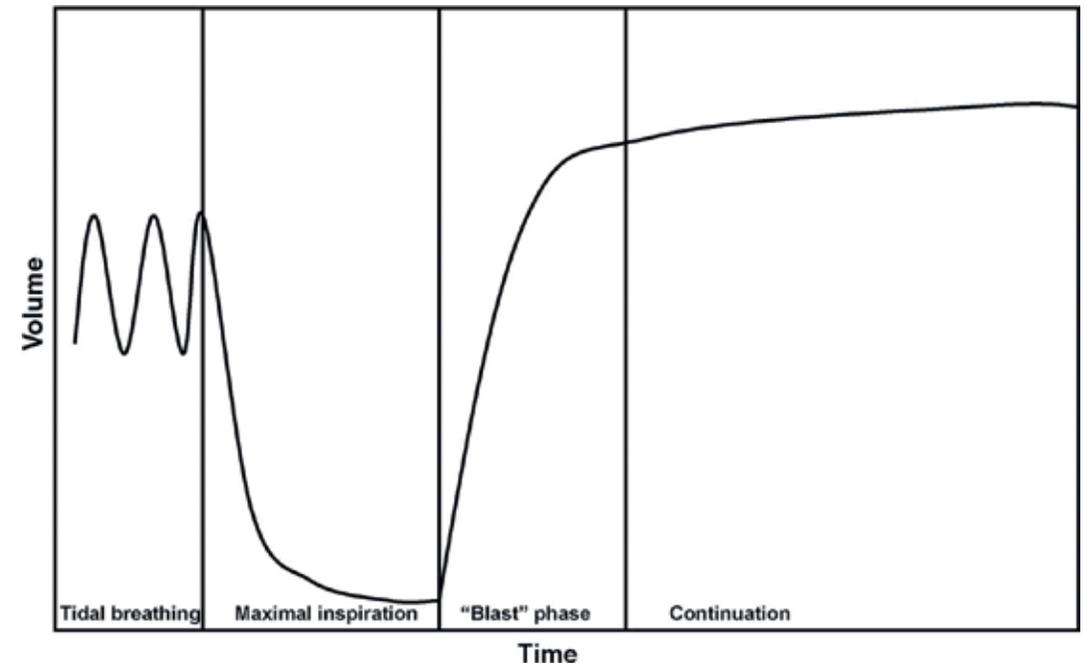
L'operatore deve essere ben addestrato e in grado di fornire una semplice e breve spiegazione della finalità dell'esame e dell'importanza di una corretta esecuzione della prova, descrivendo le modalità con espressioni chiare e termini semplici. Può essere utile, soprattutto per i lavoratori con scarsa conoscenza della lingua italiana, effettuare personalmente la manovra a scopo dimostrativo.

## ESECUZIONE DELLA MANOVRA DI ESPIRAZIONE FORZATA

Dopo le istruzioni preliminari, il soggetto esegue prova secondo la sequenza illustrata in Figura 2:

- a) respirazione tranquilla a volume corrente;
- b) inspirazione massimale veloce e decisa (controllata sullo schermo o sul soggetto);
- c) comando semplice e breve (Giù! o Fuori!);
- d) espiazione massimale forzata, con inizio brusco a glottide aperta;
- e) espiazione completa e prolungata, per una durata minima di 6 secondi;
- f) inspirazione rapida e completa.

**FIGURA 2** Tecnica di esecuzione della manovra di espiazione forzata (da Lange 2009)



L'operatore deve seguire attentamente sia il tracciato che il soggetto che esegue l'esame, dando ordini precisi e chiari per ciascuna manovra, incoraggiando a proseguire nello sforzo espiratorio, senza interruzioni e fino a completo svuotamento. È opportuno posizionare il monitor in modo che il soggetto non possa visualizzarlo durante l'esecuzione della prova, per evitare che questi ne sia distratto.

Il controllo visivo dei grafici flusso-volume e volume-tempo da parte dell'operatore durante lo svolgimento dell'esame è fondamentale per verificare elementi come la buona partenza, il picco di flusso, l'irregolarità nell'espiazione, eventuali colpi di tosse, ecc.

È buona norma determinare, oltre a FVC, FEV<sub>1</sub> e flussi espiratori forzati, anche i volumi e i flussi massimali ottenuti con manovre inspiratorie, che possono seguire e/o precedere l'esecuzione della FVC.

Se necessario, le prove saranno ripetute dopo aver spiegato come rimediare agli errori commessi. Un utile ausilio per questo scopo è rappresentato dal poster "Ottieni risultati spirometrici validi OGNI volta", realizzato dal NIOSH e tradotto in lingua italiana, che illustra gli errori più comuni e le indicazioni per correggerli. In ogni caso, è necessario sospendere l'esame dopo 8 tentativi errati o anche prima, se il soggetto non è più in grado di proseguire nel test.

## VALIDITÀ DELL'ESAME SPIROMETRICO

Le raccomandazioni ATS/ERS 2005 stabiliscono la validità di un esame spirometrico basandosi sul rispetto di due requisiti:

- a) almeno 3 curve esenti da difetti tecnici di esecuzione (definite curve "accettabili");
- b) valori di FVC e FEV<sub>1</sub> coerenti tra le curve (definiti risultati "ripetibili").

I criteri per stabilire la validità delle spirometrie sono sintetizzati nella Tabella 2 e descritti più estesamente nei paragrafi successivi, con alcune esemplificazioni.

**TABELLA 2** Criteri di validità ATS/ERS 2005

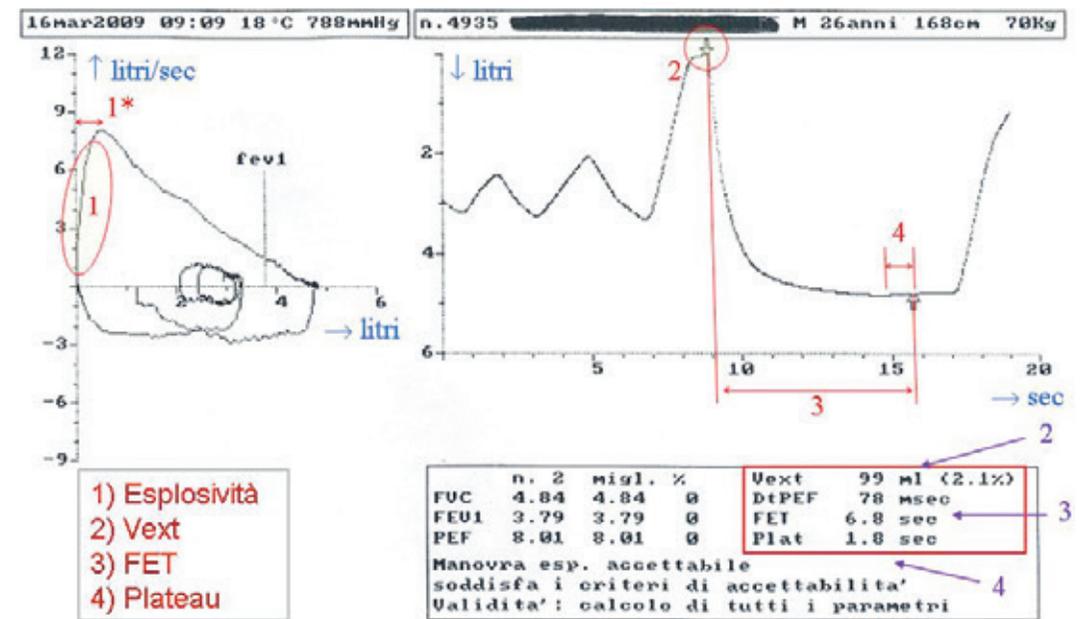
<b>Accettabilità</b>	<p>Per essere accettabile ogni manovra di espirazione forzata deve rispettare i seguenti criteri:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buon inizio                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- partenza esplosiva</li> <li>- volume estrapolato &lt; 150 ml e/o &lt; 5% di FVC</li> </ul> </li> <li>• Svuotamento completo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- durata ≥ 6 sec. e/o plateau finale nella curva V/t o impossibilità del soggetto a proseguire l'espirazione</li> </ul> </li> <li>• Assenza di artefatti quali:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- inspirazione non massimale</li> <li>- tosse</li> <li>- chiusura della glottide</li> <li>- interruzione precoce</li> <li>- sforzo submassimale o variabile</li> <li>- perdite del sistema</li> <li>- ostruzione del boccaglio</li> </ul> </li> </ul>
<b>Ripetibilità</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dopo aver ottenuto 3 prove accettabili, applicare i seguenti criteri:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- differenza fra i due migliori valori di FVC ≤ 150 mL</li> <li>- differenza fra i due migliori valori di FEV<sub>1</sub> ≤ 150 mL</li> </ul> </li> <li>• Se entrambi i criteri sono rispettati l'esame spirometrico può essere terminato</li> <li>• In caso contrario, eseguire altre prove fino a quando:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- sono rispettati entrambi i criteri con le nuove manovre espiratorie</li> <li>- viene raggiunto un totale di 8 manovre espiratorie</li> <li>- il soggetto non è più in grado di proseguire</li> </ul> </li> </ul>

## CRITERI DI ACCETTABILITÀ

Per un esaminatore esperto, l'osservazione delle curve flusso-volume e volume-tempo, durante e subito dopo la prova, consente di valutare i caratteri che ne determinano l'accettabilità: inspirazione massimale, inizio esplosivo dell'espirazione, svuotamento completo dei polmoni, assenza di artefatti.

Come illustrato nella Figura 3, la curva F/V fornisce maggiori indicazioni per quanto riguarda l'accettabilità della prima parte della manovra di espirazione forzata, mentre la curva V/t è più informativa sull'ultima parte della stessa.

**FIGURA 3** Principali elementi da valutare per l'accettabilità della spirometria



In dettaglio, la prova di capacità vitale forzata può essere considerata correttamente eseguita quando rispetta i criteri descritti nei paragrafi seguenti:

- parte iniziale dell'espirazione (criteri 1 e 2);
- parte finale dell'espirazione (criteri 3 e 4);
- assenza di artefatti (criterio 5).

### 1. Esplosività dell'espirazione

Per valutare se l'avvio dell'espirazione forzata sia avvenuto in maniera esplosiva e senza esitazioni, si osserva la forma della curva flusso-volume: la manovra è accettabile visivamente se la curva sale rapidamente e il PEF è ben riconoscibile, con aspetto appuntito e non arrotondato (Figura 4). Il PEF nella curva F/V deve essere molto vicino all'asse y (1\* in Figura 4); questo indica visivamente che lo sforzo espiratorio iniziale si può considerare esplosivo.

Un debole inizio dell'espirazione (Figura 5) altera il FEV<sub>1</sub> in misura significativa, rendendone il valore inutilizzabile.

Come già sottolineato, la validità della manovra è legata alla collaborazione del soggetto che, all'inizio dell'espirazione, deve fare il massimo sforzo per soffiare fuori l'aria alla massima velocità possibile. Dipende dall'operatore valutare l'impegno del soggetto e discriminare tra una sua scarsa determinazione e una reale incapacità di eseguire correttamente la prova.

FIGURA 4 Esempio di esplosività accettabile

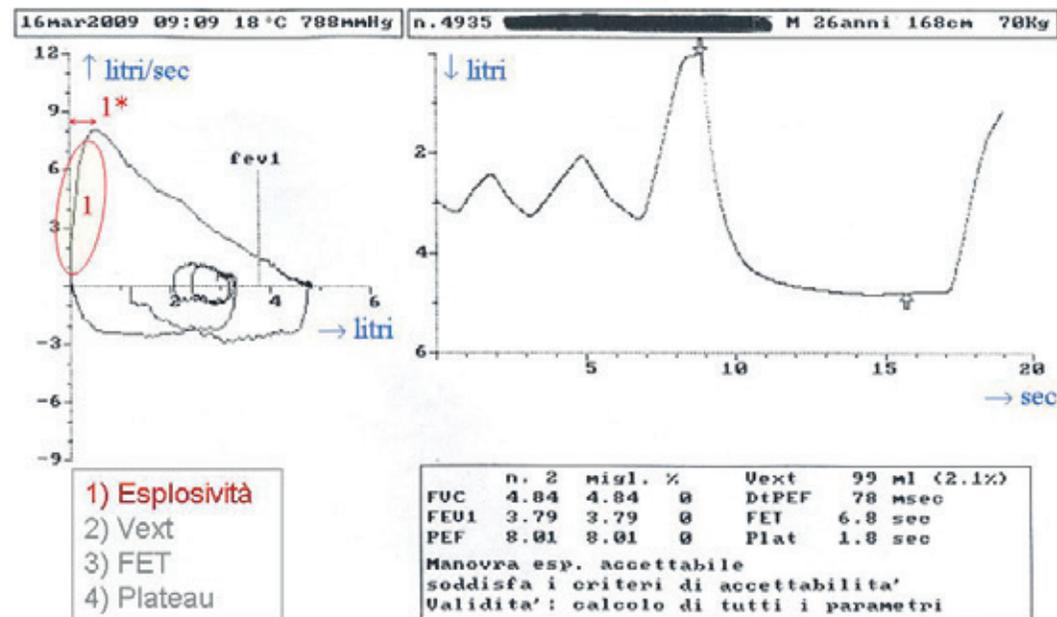
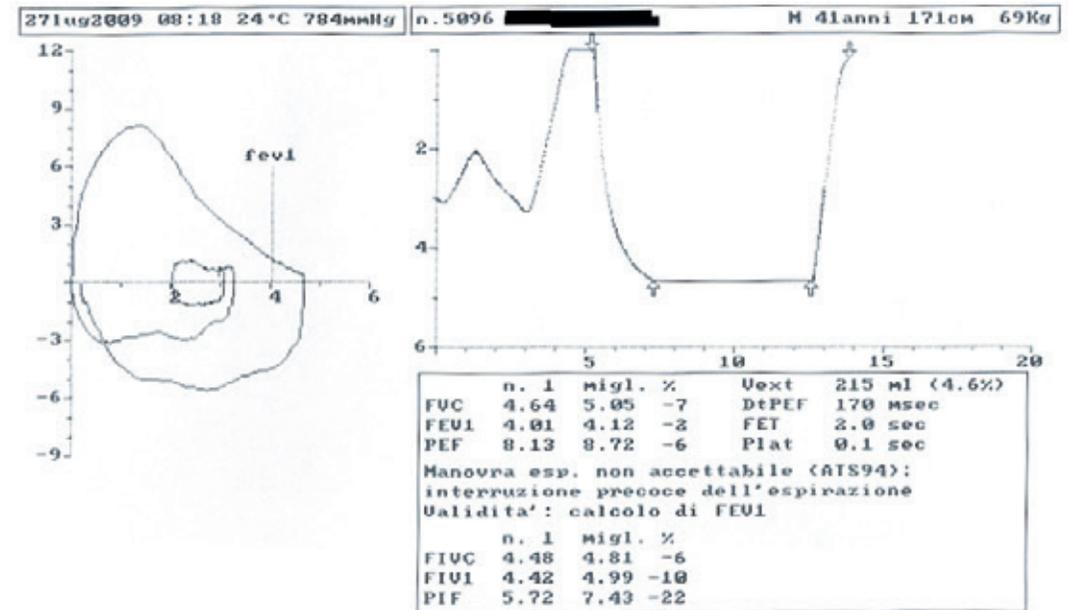


FIGURA 5 Esempio di mancata esplosività

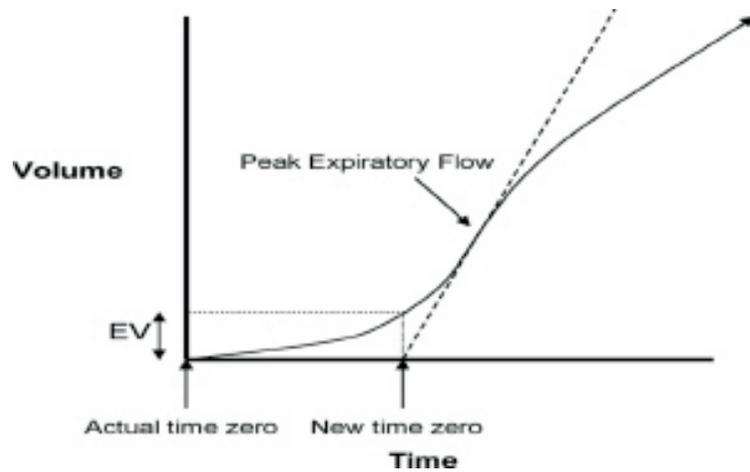


### 2. Volume di estrapolazione retrograda <150 ml e/o <5% FVC

Dal momento che l'interpretazione della spirometria si basa in modo particolare sul primo secondo di espirazione, è fondamentale individuare un valido tempo zero per il calcolo del FEV<sub>1</sub>, applicando il criterio illustrato nella Figura 6. Sul grafico Volume/tempo si traccia la retta tangente al punto di massima pendenza (PEF) che, per estrapolazione retrograda, va ad incontrarsi con l'asse x. Il punto così definito diventa il tempo zero convenzionale di inizio dell'espirazione, dal quale il software dello spirometro calcola la durata della prova.

Il volume di aria già espirata prima del tempo zero convenzionale viene comunque considerato nel calcolo di FEV<sub>1</sub> e FVC. Questa correzione ha lo scopo di minimizzare l'imprecisione del FEV<sub>1</sub> causata dal fatto che l'espirazione forzata non determina istantaneamente l'apertura delle vie aeree.

**FIGURA 6** Volume di estrapolazione retrograda (EV): ingrandimento della parte iniziale della curva V/t (da Lange 2009).

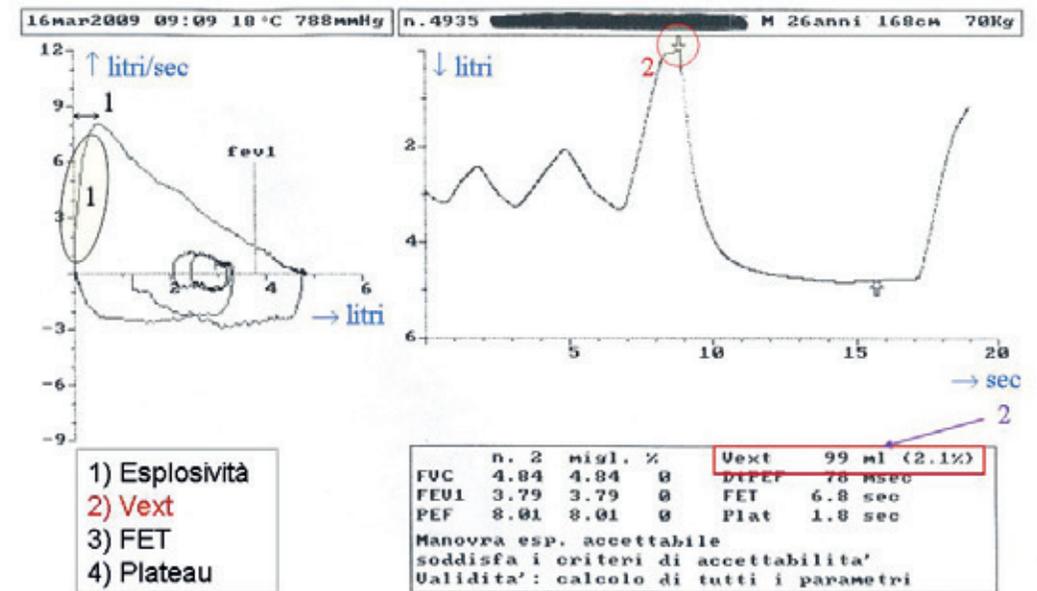


Il criterio di accettabilità viene rispettato quando il volume di estrapolazione retrograda (EV) è inferiore a 150 ml; se superiore, la prova è comunque accettabile se EV rimane al di sotto del 5% di FVC. Se l'esitazione nella fase iniziale dell'espirazione è di durata tale da determinare un EV superiore al 5% di FVC, si realizza un aumento "artificiale" del FEV<sub>1</sub>, che altera i risultati della prova.

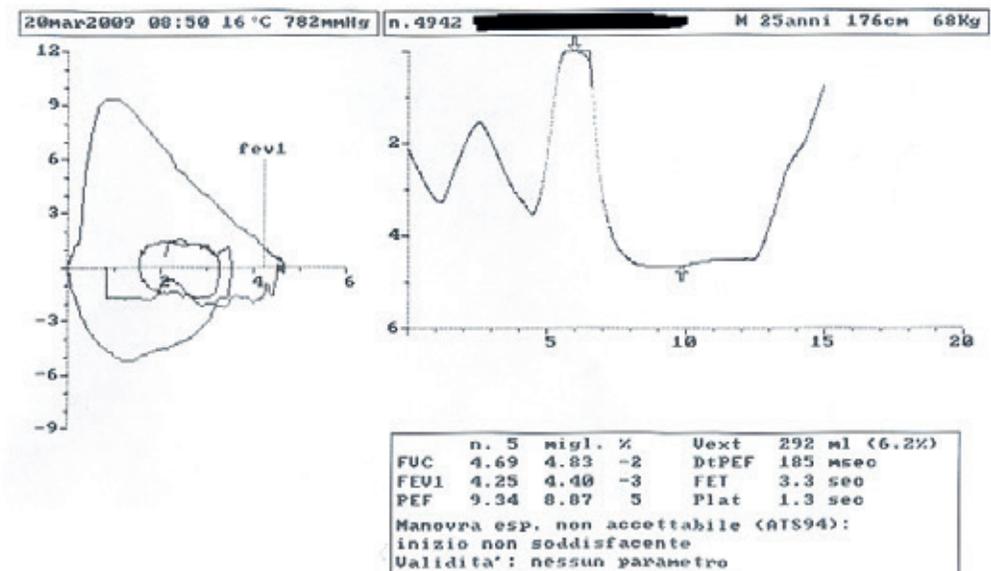
Nella curva F/V è possibile fare riferimento alla distanza orizzontale tra l'asse delle ordinate (flusso) e la curva. Se questa non è molto vicina all'asse y, è probabile che vi sia stata una esitazione nello sforzo espiratorio massimale, tale da richiedere la ripetizione della prova. Una estrapolazione retrograda non accettabile a volte può essere visibile nel grafico V/t, ma è indispensabile che il valore esatto del volume estrapolato (in valore assoluto e percentuale di FVC) sia fornito dallo spirometro.

La Figura 7 mostra un esempio di spirometria con volume di estrapolazione retrograda (Vext) accettabile, mentre nella Figura 8 Vext non è accettabile, in quanto superiore al 5% di FVC.

**FIGURA 7** Esempio di estrapolazione retrograda accettabile



**FIGURA 8** Esempio di estrapolazione retrograda non accettabile



### 3. Durata dell'espiazione sufficiente

Per ottenere un completo svuotamento dei polmoni, l'espiazione deve durare di norma non meno di 6 secondi. È importante che lo spirometro segnali la durata dell'espiazione forzata (*Forced Expiratory Time*: FET), sia graficamente nella curva volume-tempo che come valore numerico nella tabella dei risultati.

Se il soggetto è giovane e astenico o di corporatura minuta, l'espiazione completa può avvenire molto rapidamente. In questo caso si può accettare la prova, anche se la durata è inferiore a 6 secondi, qualora la curva V/t mostri un plateau ben evidente (v. punto successivo). Al contrario, un soggetto ostruito può necessitare di un tempo superiore (fino a 15-20 secondi) per completare l'espiazione.

Va sottolineato che i risultati di una prova con espiazione terminata precocemente, pur non soddisfacendo i criteri di accettabilità per la FVC, non devono necessariamente essere eliminati, in quanto possono essere utilizzati per scegliere il miglior valore di FEV<sub>1</sub>.

### 4. Plateau di fine espiazione

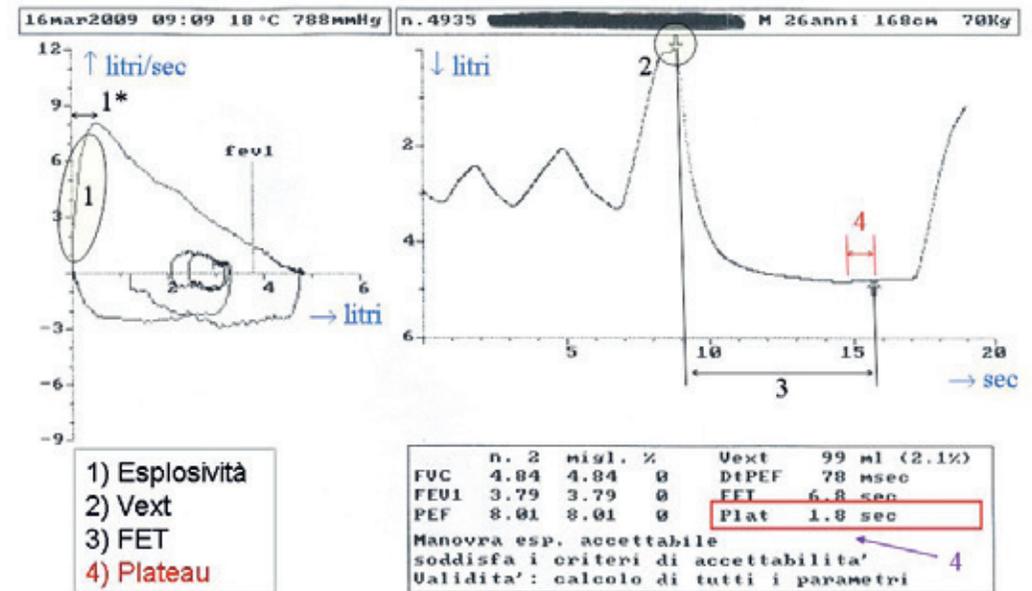
È importante che i soggetti siano incoraggiati dall'esaminatore a svuotare i polmoni in maniera completa. La prova deve comunque essere terminata quando il soggetto inizia a manifestare sensazione di disagio o malessere.

La parte finale delle curve deve mostrare nella parte terminale un andamento graduale, senza brusche variazioni o interruzioni. I criteri ATS/ERS considerano l'espiazione completa quando viene raggiunto il *plateau* finale nella curva V/t, ovvero quando nella stessa non si verifica una variazione di volume superiore a 0,025 L per la durata di almeno 1 secondo.

Per ottenere una prova accettabile sarà quindi necessario, in base ai criteri ATS/ERS, che siano presenti sia un FET di almeno 6 secondi che un *plateau* di 1 secondo, a meno che il soggetto abbia difficoltà a prolungare lo sforzo espiratorio.

Come già ricordato, i soggetti molto giovani, longilinei o di bassa statura, spesso sono in grado di terminare l'espiazione forzata in meno di 6 secondi. In tali casi, la prova può essere considerata accettabile se, a giudizio dell'esecutore, si è verificato il completo svuotamento polmonare. La Figura 9 mostra un esempio di *plateau* superiore a 1 secondo, mentre nella Figura 5 il *plateau* è assente.

FIGURA 9 Esempio di *plateau* accettabile



Va ricordato che le prove in cui non è avvenuto lo svuotamento completo non devono essere necessariamente scartate, poiché possono fornire preziose informazioni. Il valore di FEV<sub>1</sub> può tranquillamente essere preso da curve che non raggiungono il *plateau*, ma che presentano un inizio esplosivo. Tali prove, pur non essendo accettabili, vengono definite "utilizzabili" dalle linee guida ATS/ERS.

### 5. Assenza di artefatti

Per l'accettabilità della manovra di FVC non devono verificarsi colpi di tosse nel primo secondo (Figura 10), che alterano il FEV<sub>1</sub>, o successivamente se, a giudizio dell'operatore, interferiscono con la misura di risultati accurati. Inoltre, non deve verificarsi la chiusura della glottide (manovra di Valsalva) né un'esitazione durante la manovra che causi l'interruzione del flusso espiratorio.

La prova non è accettabile anche nel caso si abbiano perdite dal naso o dal boccaglio, come pure se questo viene ostruito dalla lingua o dai denti. Infine, non devono verificarsi inspirazioni aggiuntive durante la manovra di espiazione. Un errore frequente nelle

**INSERTO DA STACCARE E CONSERVARE**

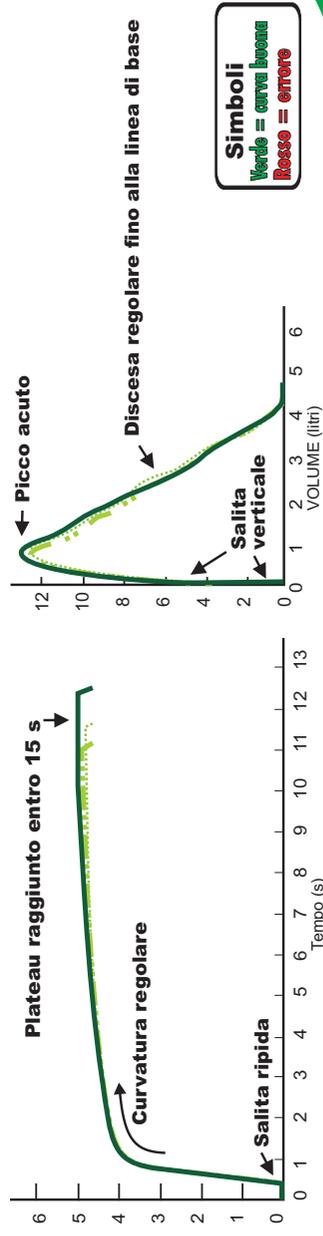
# Otteni risultati spirometrici validi OGNI volta

Otteni SEMPRE risultati spirometrici validi

Un test valido ha:

3 o più curve accettabili  
E FEV1 e FVC ripetibili\*

\*Utilizza gli standard più recenti dell'American Thoracic Society/ European Respiratory Society



## Come correggere gli errori del test

<p><b>Scarso sforzo iniziale</b> Tecnico: soffiare l'aria CON PIU' FORZA</p>	<p><b>Esitazione; inizio lento; alto volume estrapolato</b> Cancellare la curva; Tecnico: Soffiare PIU' VELOCE</p>	<p><b>Tosse nel primo secondo</b> Cancellare la curva; Correzione: bere un bicchiere d'acqua</p>
<p><b>Inspirazione incompleta</b> Tecnico: prenda un respiro PIU' PROFONDO</p>	<p><b>Assenza di plateau entro 15 secondi</b> Tecnico: continui a soffiare fino a quando non le dico di fermarsi</p>	<p><b>Sforzo inefficace</b> Tecnico: espiri senza interruzione e continui a soffiare</p>
<p><b>Boccaglio parzialmente occluso</b> Tecnico: Posizioni il boccaglio tra i denti e sulla lingua; fissare l'eventuale protesi</p>	<p><b>Chiusura della glottide o respiro trattenuto</b> Tecnico: inizi con un SOFFIO POTENTE, poi si rilassi e continui a soffiare</p>	<p><b>Perdite</b> Correzione: controllare l'apparecchio e le connessioni</p>
<p><b>Errore di flusso zero negativo</b> Correzione - assicurarsi che il flusso attraverso il sensore sia assente quando si azzerò lo spirometro; mantenere il sensore verticale durante la prova</p>	<p><b>Errore di flusso zero positivo</b> Correzione - nessun flusso attraverso il sensore quando si azzerò lo spirometro; mantenere il sensore verticale durante la prova</p>	<p><b>Respiri aggiuntivi</b> Correzione: cancellare la curva; usare lo stringinaso e mantenere le labbra ben strette</p>

Promuovere la promessa: Sicurezza e salute sul lavoro per tutte le persone attraverso la ricerca e la prevenzione

Per ricevere documenti o ulteriori informazioni su temi di sicurezza e salute sul lavoro, si prega di contattare NIOSH: 1-800-CDC-INFO (1-800-232-4636) TTY: 1-888-232-6348 email: cdcinfo@cdc.gov o visitare il sito Web NIOSH a [www.cdc.gov/niosh](http://www.cdc.gov/niosh)

Per un aggiornamento mensile sulle novità in NIOSH, iscriviti alla eNews NIOSH visitando [www.cdc.gov/niosh/eNews](http://www.cdc.gov/niosh/eNews) Per ulteriori informazioni sul training sulla spirometria approvato da NIOSH vai a [www.cdc.gov/niosh/topics/spirometry/training.html](http://www.cdc.gov/niosh/topics/spirometry/training.html)

U.S. Department of Health and Human Services  
Centers for Disease Control and Prevention  
National Institute for Occupational Safety and Health

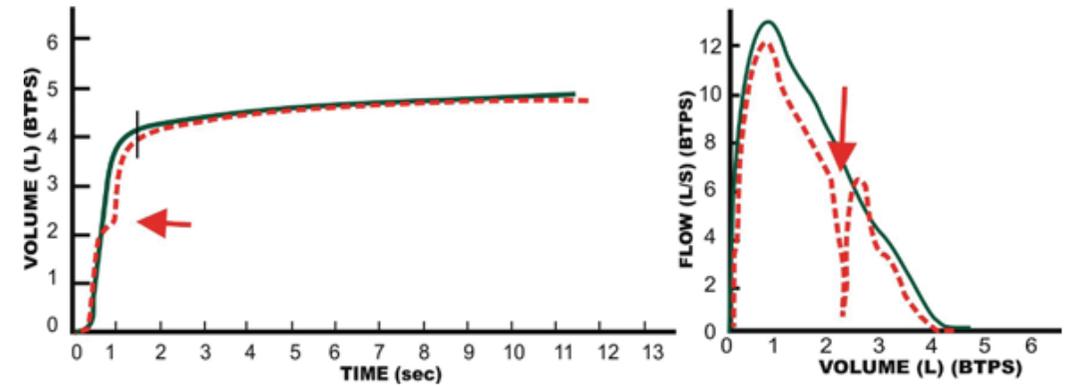
SAFER • HEALTHIER • PEOPLE™  
PERSONE PIU' SANE E PIU' SICURE  
DHHS (NIOSH) Publication No. 2011-135(1K2015)



NIOSH

spirometrie di screening è il mancato riempimento fino alla capacità polmonare totale, fatto che può erroneamente dar luogo a un “quadro restrittivo”.

**FIGURA 10** Prova non accettabile per tosse nel primo secondo



## CRITERI DI RIPETIBILITÀ

Per un esame spirometrico valido sono richieste di norma 3 manovre di FVC accettabili. Successivamente è necessario verificarne la rispondenza ai criteri di ripetibilità, che si conferma quando la differenza fra i due migliori valori di FVC e quella tra i due migliori valori di FEV<sub>1</sub> sono entrambe  $\leq 150$  mL. Se questi criteri non sono soddisfatti in tre prove, occorre eseguirne altre, indicativamente fino a un massimo di otto o fino a quando il soggetto non riesce più ad eseguire la manovra espiratoria per eccessivo affaticamento.

La ripetibilità nella spirometria consiste nel grado di concordanza tra una serie di misure eseguite, nelle medesime condizioni ambientali, sullo stesso soggetto. Nel caso delle singole prove spirometriche, l'unica variabile è lo sforzo del soggetto, perciò la ripetibilità delle prove permette di evidenziare se lo sforzo è stato massimale e se quella che stiamo misurando è la reale funzionalità ventilatoria del soggetto in esame.

Nella spirometria dei lavoratori la causa più frequente di mancata ripetibilità è rappresentata da una inspirazione non massimale. Inoltre, negli spirometri con misurazione primaria del flusso, una ripetibilità molto bassa può essere indice di contaminazione o di blocco dei sensori (da parte di vapore condensato e muco o per errata posizione delle dita).

La mancata ripetibilità deve essere utilizzata solo per stabilire se sono necessarie più

di tre manovre accettabili, ma non deve determinare di per sé l'esclusione dei dati relativi a quei soggetti. Nel caso, si raccomanda di annotare nel referto la mancata ripetibilità. L'applicazione rigida dei criteri di ripetibilità porterebbe, infatti, alla selettiva esclusione di individui affetti da malattie polmonari, possibile sorgente di errore in studi epidemiologici sugli effetti di un agente ambientale sul polmone.

## CLASSIFICAZIONE DI QUALITÀ DELLE SPIROMETRIE

Non sempre le spirometrie eseguite nel corso della sorveglianza sanitaria presentano caratteristiche tali da soddisfare tutti i criteri ATS/ERS illustrati in precedenza. Non necessariamente, tuttavia, queste prove devono essere scartate, specialmente se si tratta di non conformità lievi.

Una prassi raccomandabile consiste nel valutare la qualità di tutti i tracciati spirometrici utilizzando una classificazione standardizzata come quella riportata in tabella 3, ripresa dallo studio PLATINO [Perez-Padilla 2008]. Con il metodo di valutazione dello studio PLATINO, se i criteri ATS/ERS 2005 sono stati pienamente rispettati, è possibile classificare la spirometria nel grado A, a cui sono attribuiti 5 punti. Il punteggio scende man mano che diminuisce la qualità dell'esame, fino al grado F (nessuna prova accettabile, 0 punti). Recentemente alcuni componenti del gruppo congiunto ATS/ERS hanno messo a punto un'analoga classificazione, che differisce lievemente dalla precedente [Hankinson 2015].

**TABELLA 3** Punteggio per il controllo di qualità della spirometria

PLATINO 2008	Grado	Punti	Hankinson 2015
3 manovre accettabili ripetibilità entro 150 ml	<b>A</b>	<b>5</b>	≥ 3 manovre accettabili ripetibilità ≤ 150 ml
3 manovre accettabili ripetibilità entro 200 ml	<b>B</b>	<b>4</b>	2 manovre accettabili ripetibilità ≤ 150 ml
2 o 3 manovre accettabili ripetibilità entro 200-250 ml	<b>C</b>	<b>3</b>	≥ 2 manovre accettabili ripetibilità ≤ 200 ml
2 o 3 manovre accettabili senza ripetibilità entro 250 ml	<b>D</b>	<b>2</b>	≥ 2 manovre accettabili ripetibilità ≤ 250 ml
1 manovra accettabile	<b>E</b>	<b>1</b>	1 manovra accettabile
nessuna manovra accettabile	<b>F</b>	<b>0</b>	nessuna manovra accettabile

Attribuendo ad ogni prova un punteggio e utilizzando elementari metodi di elaborazione statistica, disponibili in tutti i fogli di calcolo elettronico, il metodo PLATINO e quello di Hankinson e coll. rappresentano uno strumento di facile applicazione per l'autovalutazione della qualità delle spirometrie eseguite.

Per il miglioramento della qualità, particolare attenzione deve essere riservata ad approfondire le motivazioni che portano a punteggi bassi delle prove (gradi D, E, F).

## PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELLA SPIROMETRIA

Al termine dell'esame spirometrico lo strumento deve presentare i valori e le curve di tutte le prove accettabili, per permettere una valutazione complessiva di qualità. Per l'interpretazione, vengono scelti i valori più alti di FVC e di FEV<sub>1</sub>, anche se ricavati da curve differenti. Il rapporto FEV<sub>1</sub>/FVC viene calcolato utilizzando questi due risultati.

I valori dei flussi espiratori forzati (FEF) sono invece derivati dalla manovra in cui si osserva il valore più elevato della somma FVC + FEV<sub>1</sub>. Va sottolineato, tuttavia, che le raccomandazioni ATS/ERS 2005 scoraggiano fortemente l'uso clinico dei FEF<sub>25-75</sub> e dei flussi istantanei massimi a bassi volumi polmonari, per la loro eccessiva variabilità inter- e intraindividuale.

La stampa dell'esame deve riportare i valori numerici migliori e i grafici delle relative curve Flusso/Volume e Volume/tempo, rappresentate in scala come indicato in tabella 1. I dati delle prove accettabili, se non stampati, devono essere comunque memorizzati per consentirne la futura consultazione.

Il referto deve essere redatto dal medico e non prodotto automaticamente dal software; deve riportare le generalità del lavoratore e tutte le informazioni utili per l'interpretazione dell'esame, quali etnia, BMI, abitudine tabagica etc. Devono essere indicati anche i valori di riferimento utilizzati.

## SCelta DEI VALORI DI RIFERIMENTO

Benché la scelta dei valori teorici per la funzionalità polmonare sia altrettanto importante quanto l'accuratezza e la precisione della misura originale, l'attenzione ai valori di riferimento è spesso minima o addirittura assente. Il problema della definizione del valore teorico in spirometria è complesso e la sua trattazione andrebbe ben oltre le finalità di un manuale pratico come questo. In estrema sintesi (e con un notevole grado di approssimazione) può essere definito come il valore medio rilevato in soggetti sani per una determinata età e altezza, in base al sesso e al gruppo etnico di appartenenza.

Più in generale, va sottolineato che non esistono valori di riferimento validi “per tutte le stagioni”, poiché la scelta dell’equazione teorica è condizionata dal contesto e dallo scopo della spirometria: clinico, epidemiologico, medico-legale o preventivo. In medicina del lavoro, inoltre, non si può non tenere conto dell’effetto “lavoratore sano” (*healthy worker effect*) quando si voglia mettere in evidenza una alterazione ventilatoria precoce.

Il documento congiunto ATS/ERS del 2005 sull’interpretazione della spirometria affermava che all’epoca non poteva essere raccomandato alcun tipo di equazione di riferimento per l’Europa; in particolare, i teorici ERS 1993 (ovvero CECA 1983) mostravano errori metodologici di calcolo e fornivano valori sottostimati, facendo considerare “normali” soggetti che normali non erano. Nel Congresso ERS 2010 di Barcellona si svolse un meeting congiunto tra le maggiori società pneumologiche mondiali, con lo scopo di sviluppare adeguate equazioni di riferimento applicabili globalmente a tutte le età, affidandone l’elaborazione ad un gruppo di lavoro denominato Global Lung Function Initiative (GLI). La pubblicazione di tali equazioni è stata accompagnata anche dalla proposta di un nuovo metodo di valutazione del danno funzionale [Quanjer 2012]. Queste nuove equazioni risultano sostanzialmente sovrapponibili ai teorici CECA 1971, ma presentano il problema di non prendere in considerazione i volumi polmonari statici [Innocenti 2014]. Nelle equazioni GLI 2012 mancano, quindi, i teorici per il volume residuo (RV) e per la capacità polmonare totale (TLC), necessari per la conferma dell’enfisema o di un deficit ventilatorio restrittivo.

Per quanto riguarda i lavoratori italiani adulti, l’esperienza degli autori raccomanda di continuare ad utilizzare i valori di riferimento messi a punto dalla CECA nel 1971, che rimangono tuttora i più adeguati nella sorveglianza sanitaria degli adulti (25-65 anni) e dei pensionati esposti o ex esposti a rischi professionali [Innocenti 2014]. I teorici CECA 1971, infatti, furono costruiti studiando lavoratori delle miniere belghe, tedesche, francesi e italiane e quindi tengono conto dell’*healthy worker effect*. Essi sono stati validati dall’esperienza dei medici del lavoro, contengono i riferimenti per il volume residuo e la capacità polmonare totale e sono anche considerati di riferimento dall’INAIL per la quantificazione del danno [Ossicini 2014].

Riguardo ai giovani lavoratori italiani, nessuna equazione di riferimento appare più adeguata di altre nella fascia di età 18-25 anni; sono in fase di verifica i nuovi teorici GLI 2012 per questa classe di età.

Di fondamentale importanza negli ultimi anni è divenuto il problema delle equazioni di riferimento per lavoratori stranieri. Occorre in primo luogo fare una distinzione fra gli immigrati da Paesi europei e quelli di origine non europea. Per i primi l’utilizzazione dei teorici CECA 1971 è adeguata, anche se una certa cautela deve essere invece posta per i soggetti provenienti da nazioni dell’Europa orientale geograficamente

molto lontane dall’Italia, come le repubbliche dell’ex Unione Sovietica. Per tali soggetti si possono utilizzare i valori di riferimento per i lavoratori italiani, aggiungendo cautevolmente la dizione “teorici non appropriati”.

Maggiori problemi si incontrano esaminando i dati relativi ad altre popolazioni non europee. I valori teorici di riferimento ricavati da popolazioni caucasiche viventi in Europa e America non possono, infatti, essere utilizzati per valutare popolazioni di altre etnie, come i cinesi, gli indiani o gli africani. Rimandando per una trattazione più ampia alle monografie citate in bibliografia [Maestrelli 2010, Innocenti 2011] si forniscono qui alcune indicazioni schematiche. Alcune delle formule per il calcolo dei teorici dei soggetti non europei sono riportate in appendice 1.

Per gli arabi nordafricani di pelle bianca (algerini, egiziani, libici, tunisini, marocchini) sono stati validati i valori di riferimento per i caucasici europei. Per i marocchini di pelle nera si può fare riferimento ai valori proposti per i senegalesi, data la vicinanza geografica. Per quanto riguarda le etnie asiatiche, sono reperibili equazioni per cinesi, filippini, pakistani, indiani del nord e indiani del sud. Per i cingalesi dello Sri Lanka possono essere usate le equazioni derivate dalle popolazioni indiane meridionali.

## INTERPRETAZIONE DELLA SPIROMETRIA

L’interpretazione di una spirometria inizia con l’analisi della validità della prova. Anche le prove non ottimali dal punto di vista dell’accettabilità o della ripetibilità possono contenere informazioni utili, ma è necessario prima di tutto identificare i problemi e valutare entità e tipologia dei possibili errori. Un malinteso frequente, specie tra chi si affida alla diagnosi automatica del computer, consiste nell’ignorare il controllo di qualità, basandosi esclusivamente sui risultati numerici per l’interpretazione del test.

La valutazione della spirometria si basa tradizionalmente sul confronto con i valori di riferimento, misurati in soggetti sani. Spesso l’interpretazione si limita a questa analisi trasversale: ogni anno viene precisato soltanto se i risultati sono all’interno della normale variabilità. Quando si esegue una valutazione trasversale, come nel caso in cui non siano disponibili precedenti spirometrie del soggetto in esame, il criterio maggiore per definire l’esistenza di significative alterazioni spirometriche si basa sul confronto tra i valori osservati e i limiti inferiori di normalità (LIN) dei teorici adottati. Seguendo le indicazioni della *task force* ATS/ERS, il LIN per FVC, VC e FEV<sub>1</sub> e per il rapporto FEV<sub>1</sub>/VC o FEV<sub>1</sub>/FVC corrisponde al 5° percentile del teorico. Gli spirometri, quindi, devono indicare il limite inferiore del teorico per poter definire correttamente un deficit ventilatorio.

Ma quando si possiedono diverse spirometrie ripetute periodicamente, come nel

caso della sorveglianza sanitaria di un lavoratore, è possibile anche una valutazione longitudinale, misurando le modificazioni della funzione ventilatoria nel tempo. L'argomento viene trattato più estesamente nel capitolo relativo al *follow-up* spirometrico.

L'abitudine di utilizzare per il limite inferiore valori fissi rispetto al teorico per FVC, VC e FEV<sub>1</sub> (-20% del teorico) è una pratica comune, che fornisce una intuitiva quantificazione del danno, ma non è matematicamente né fisiologicamente corretta, perché dà luogo a errori non trascurabili nell'interpretazione della spirometria.

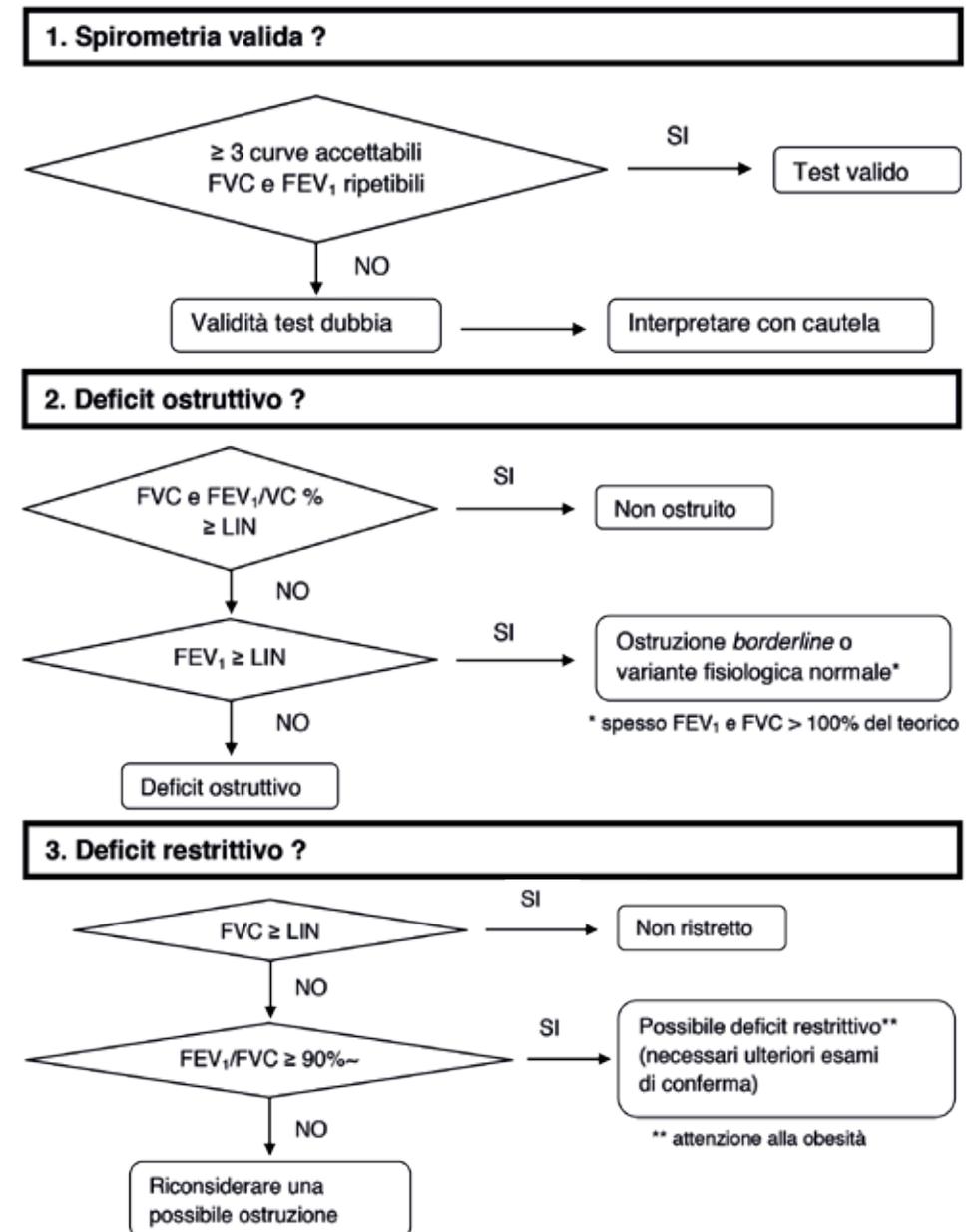
Inopportuna, specialmente in medicina del lavoro, la scelta di un valore fisso al 70% per il rapporto FEV<sub>1</sub>/FVC, al di sotto del quale si conferma la presenza di ostruzione bronchiale. Il limite fisso viene proposto, al fine di una generica semplificazione, dalle linee-guida GOLD (per la BPCO <http://goldcopd.org/>) e GINA (per l'asma <http://ginasthma.org/>); tuttavia, utilizzato indipendentemente da sesso, età e altezza, porta a notevoli misclassificazioni. Infatti, tale valore è fisiologico nei soggetti fra 50 e 55 anni ma, essendo l'asma una malattia dei giovani, molti asmatici possono risultare falsamente "normali" pur avendo una ostruzione bronchiale (con rapporto FEV<sub>1</sub>/FVC% >70). Viceversa, essendo la BPCO una malattia dell'età avanzata, molti anziani possono risultare falsamente ostruiti avendo un rapporto FEV<sub>1</sub>/FVC% <70.

Recentemente [Tafuro 2014] si è visto che la variabilità interindividuale degli indici funzionali aumenta progressivamente con l'età e, partendo da queste osservazioni, è stato proposto un nuovo metodo di calcolo dei valori di riferimento per la spirometria (applicato per i teorici GLI 2012), definito *lambda-mu-sigma*. Questo metodo, oltre al valore medio predetto ( $\mu$ ) tiene conto contemporaneamente dell'aumento della sua variabilità interindividuale al crescere dell'età ( $\sigma$ ) e della asimmetria della distribuzione dei dati ( $\lambda$ ). Il miglior approccio per interpretare le misure della funzionalità polmonare sarebbe di esprimere il risultato come z-score (valore osservato - valore predetto/deviazione standard) che indica di quante volte il valore osservato si allontana dalla deviazione standard. In pratica lo z-score è una combinazione matematica della differenza fra valore osservato e teorico e della variabilità interindividuale per fornire un numero singolo che tiene conto della variabilità attesa della funzione polmonare (in relazione all'età e all'altezza) rispetto ad un comparabile gruppo di soggetti sani. Il valore limite di normalità per lo z-score è un valore di -1.64 [Stajonevic 2010].

**a. Ostruzione delle vie aeree**

Dopo aver verificato la validità della spirometria, conviene esaminare dapprima se VC rientra nell'ambito del teorico e quindi la normalità del rapporto FEV<sub>1</sub>/VC, al fine di

**FIGURA 11** Algoritmo di interpretazione della spirometria



determinare la presenza o meno di un deficit ostruttivo, come indicato in Figura 11.

La spirometria è da considerarsi indicativa di una ostruzione delle vie respiratorie quando sia il rapporto  $FEV_1/VC$  che  $FEV_1$  sono inferiori al LIN, mentre VC è nella normale variabilità. Una certa attenzione deve essere posta quando l'apparecchio esprime solo il rapporto  $FEV_1/FVC$  e non permette l'effettuazione di una VC inspiratoria lenta.

Nei soggetti affetti da patologie cronico-ostruttive e negli anziani, infatti, i valori di quest'ultima risultano generalmente superiori a quelli di FVC, in quanto le manovre lente permettono di evitare fenomeni di compressione dinamica delle piccole vie aeree - e quindi di *air trapping* - prima di raggiungere l'effettivo livello di fine espirazione massimale.

Quando, invece, il rapporto  $FEV_1/VC$  è inferiore al LIN mentre il  $FEV_1$  è nella normale variabilità, si può sospettare una ostruzione borderline oppure la presenza di una "variante fisiologica normale". Le raccomandazioni ATS/ERS mettono in guardia sul fatto che un rapporto  $FEV_1/VC$  anormale, associato a VC e  $FEV_1$  entrambi superiori al 100%, può essere riscontrato a volte in soggetti sani non fumatori. Il quadro è denominato "variante fisiologica normale" e non è infrequente in soggetti atletici, quali vigili del fuoco o soccorritori d'emergenza. Se, tuttavia, questi lavoratori sono esposti a tossici o irritanti noti, occorre sempre considerare la possibilità di un deficit ostruttivo quando si osservi la riduzione di  $FEV_1/VC$ .

Il grado di ostruzione è misurato in base alla riduzione del  $FEV_1$  (vedi oltre); con il progredire della ostruzione e il conseguente aumento del VR, infatti, vi è una riduzione anche della VC e il rapporto  $FEV_1/VC$  può ritornare normale. Una concomitante diminuzione del  $FEV_1$  e della VC è più comunemente causata da uno sforzo insufficiente durante l'espirazione, ma può raramente essere espressione di un'ostruzione del flusso aereo. La conferma dell'ostruzione delle vie aeree richiede la misura dei volumi polmonari statici, che possono aiutare nella diagnosi di enfisema, asma bronchiale e bronchite cronica.

In ragione della grande variabilità del  $FEF_{25-75\%}$  e dei flussi istantanei nei soggetti sani, le raccomandazioni ATS/ERS sconsigliano l'utilizzo di questi indici per diagnosticare una patologia delle piccole vie aeree nei singoli casi, quando  $FEV_1/VC$  e  $FEV_1$  sono nella normale variabilità. Viceversa, l'analisi degli indici di flusso forzato di fine espirazione può essere utilizzato nel confronto di gruppi di soggetti fumatori o esposti ad irritanti e tossici respiratori con gruppi di riferimento non esposti a rischi per l'apparato respiratorio.

A fronte di volumi polmonari nella norma e flussi ridotti in un fumatore, è utile sottolineare gli effetti nocivi dell'abitudine al fumo (e soprattutto i benefici della

cessazione), piuttosto che tentare "pindarici voli" interpretativi sulle alterazioni funzionali delle piccole vie aeree. I flussi, tuttavia, possono essere utili per confermare la presenza di un'ostruzione delle vie aeree in presenza di un rapporto  $FEV_1/VC$  ai limiti inferiori della normalità.

## b. Restrizione polmonare

La spirometria indica il sospetto di una possibile restrizione polmonare quando VC è ridotto e  $FEV_1$  è compreso entro il limite inferiore del teorico. Un ridotto VC da solo non prova un deficit polmonare di tipo restrittivo, ma può essere suggestivo per una restrizione quando il rapporto  $FEV_1/VC$  è normale o aumentato. Tuttavia, accanto alla riduzione di VC si ha spesso una consensuale riduzione di  $FEV_1$ , per cui il rapporto  $FEV_1/VC$  % deve essere interpretato con cautela. La certezza di alterazione restrittiva si ha soltanto con la valutazione della capacità polmonare totale (TLC < 5° percentile). Ma, una volta che la diagnosi di pneumopatia restrittiva è stata posta, la spirometria ripetuta nel tempo può essere utile per valutare i cambiamenti nella FVC, che possono essere correlati alla progressione della malattia o alla risposta alla terapia [Redlich 2015].

## c. Deficit misto

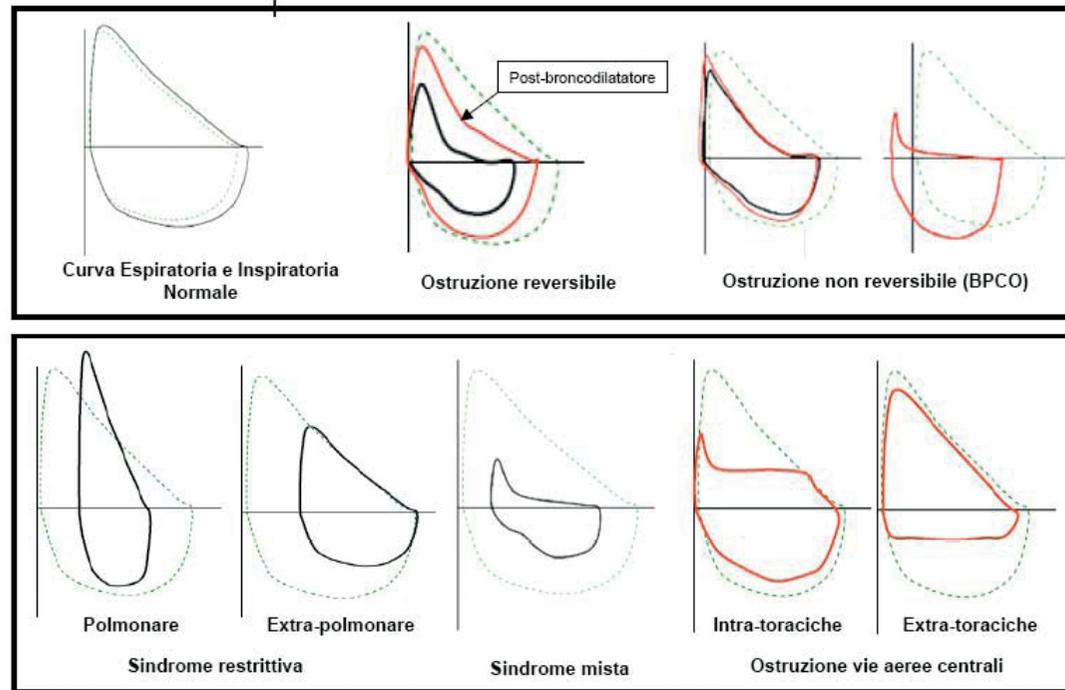
Raro da incontrare nella sorveglianza sanitaria dei lavoratori, consiste nella contemporanea riduzione del rapporto  $FEV_1/VC$  % e della TLC al di sotto del LIN.

## d. Interpretazione della morfologia della curva flusso-volume

L'esame della morfologia della curva Flusso/Volume, oltre che per valutare l'accettabilità della manovra di espirazione forzata, è utile nell'interpretazione della spirometria. A tale scopo, si raccomanda che sullo schermo e nella stampa sia mantenuto il corretto rapporto tra segnale di flusso e di volume (due unità di misura del flusso corrispondono a una di volume).

Inoltre, alcuni aspetti di limitazione dei flussi inspiratori maggiore di quella dei flussi espiratori possono suggerire la localizzazione dell'ostruzione nelle vie aeree extratoraciche. La Figura 12 presenta alcuni esempi di curve flusso/volume indicative di alterazioni ventilatorie (linea tratteggiata: teorico; linea intera: osservato).

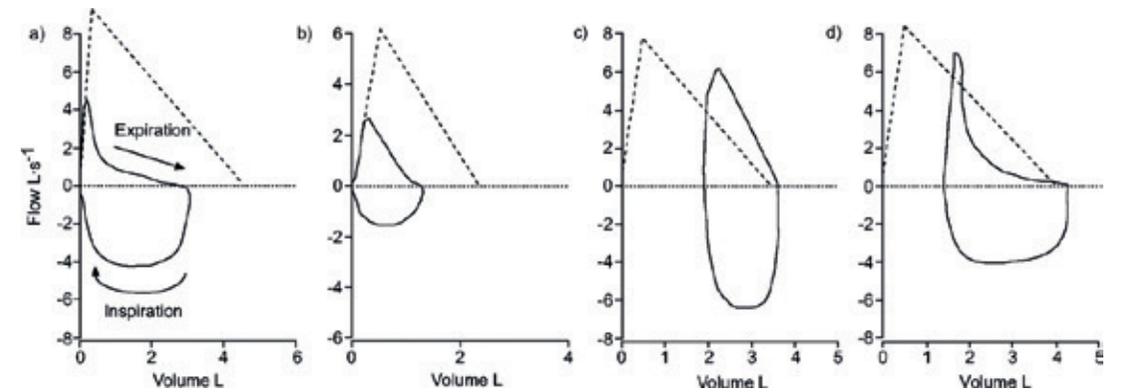
**FIGURA 12** Curve F/V esemplificative (da Maestrelli 2010)



Nella Figura 13 sono presentate altre esemplificazioni di alterazioni ventilatorie, riprese dal documento della *task force* ATS/ERS sulle strategie di interpretazione delle prove di funzionalità ventilatoria.

- a) Deficit polmonare ostruttivo con riduzione del rapporto FEV<sub>1</sub>/VC: FEV<sub>1</sub> 38% del teorico; FEV<sub>1</sub>/VC 46%; PEF 48%; TLC 101%. TLC è normale e i flussi sono ridotti rispetto agli attesi sull'intero ambito volumetrico.
- b) Deficit polmonare ostruttivo con normale rapporto FEV<sub>1</sub>/VC: FEV<sub>1</sub> 57%; FEV<sub>1</sub>/VC 73%; PEF 43%; TLC 96%. TLC è normale e i flussi sono ridotti rispetto agli attesi sull'intero ambito volumetrico.
- c) Deficit restrittivo tipico: FEV<sub>1</sub> 66%; FEV<sub>1</sub>/VC 80%; PEF 79%; TLC 62%. TLC è ridotta e il flusso è maggiore dell'atteso per un dato volume polmonare.
- d) Deficit misto caratterizzato da una diminuita TLC e un ridotto rapporto FEV<sub>1</sub>/VC: FEV<sub>1</sub> 64%; FEV<sub>1</sub>/VC 64%; PEF 82%; TLC 72%.

**FIGURA 13** Altri esempi di curve F/V (da Pellegrino 2005)



**e. Valutazione della gravità del deficit spirometrico**

La gravità di qualsiasi alterazione spirometrica deve essere classificata basandosi sul valore del FEV<sub>1</sub> rispetto al teorico. La giustificazione di questo approccio è che il valore del FEV<sub>1</sub> risulta il maggiore fattore predittivo indipendente di mortalità per qualsiasi causa o per malattie respiratorie. Le categorie di gravità proposte dalla task force ATS/ERS del 2005 sono definite da intervalli arbitrari basati sul valore del FEV<sub>1</sub> in percentuale del teorico medio ed agli stessi criteri sono ispirati i livelli di gravità derivati dal limite dei valori z-score dei teorici GLI 2012 (Tabella 4).

**TABELLA 4** Classificazione di gravità del deficit spirometrico secondo i criteri ATS/ERS 2005 e GLI 2012 (metodo LMS)

	ATS/ERS 2005	GLI 2012
Grado di severità	FEV <sub>1</sub> (% teorico)	z-score
Lieve	> 70	≥ -2
Moderato	60 - 69	-2.5 / -2
Medio	50 - 59	-3 / -2.5
Grave	35 - 49	-4 / -3
Molto grave	< 35	< -4

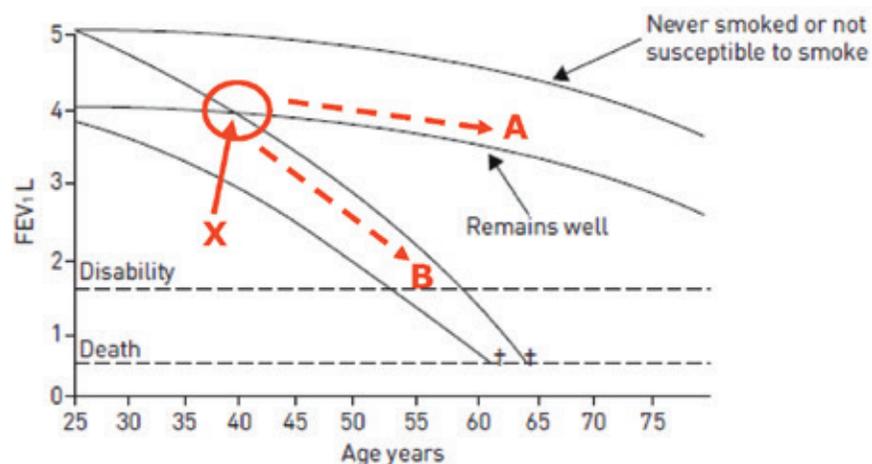
## FOLLOW-UP SPIROMETRICO (SORVEGLIANZA LONGITUDINALE DEI LAVORATORI)

La funzionalità ventilatoria aumenta durante l'infanzia fino a raggiungere un massimo intorno ai 25-30 anni di età, dopodiché decresce fisiologicamente nel tempo. Il già citato "effetto lavoratore sano" fa sì che i lavoratori manuali posseggano spesso, all'inizio della carriera lavorativa, indici ventilatori superiori ai valori normali calcolati per soggetti di pari età, altezza e sesso.

Come ricordato all'inizio, la definizione di sorveglianza sanitaria dei lavoratori enfatizza l'importanza dell'osservazione longitudinale dello stato di salute del singolo e del gruppo omogeneo, finalizzata a rilevarne precocemente ogni variazione. Raccogliendo in forma organizzata i dati spirometrici negli esposti a sostanze nocive per l'apparato respiratorio e analizzandoli nel corso del tempo, è possibile identificare sia gli individui che presentano valori inferiori a quelli considerati normali, sia coloro che mostrano un eccessivo deterioramento nel tempo della funzione polmonare, anche rimanendo al di sopra del LIN.

Come si vede nella Figura 14, il valore riscontrato estemporaneamente al punto X non ci dice molto di per sé, perché può appartenere al soggetto A (che ha avuto, ha e avrà indici funzionali lievemente ridotti rispetto al teorico) o può appartenere al soggetto B, che invece anni prima aveva indici funzionali perfettamente normali ed è andato incontro a un rapido deterioramento funzionale.

**FIGURA 14** Il dilemma di un FEV<sub>1</sub> lievemente ridotto a 40 anni (modificata da Vestbo 2015)



Per tale motivo, una serie di misure è particolarmente importante per evidenziare una riduzione della funzionalità ventilatoria che permane al di sopra del LIN dei teorici. Tale condizione non viene messa in evidenza dalla semplice comparazione con i valori di riferimento, a meno che non sia confrontata con i risultati degli anni precedenti dello stesso individuo [Redlich 2015].

Un ulteriore vantaggio del confronto longitudinale consiste nel fatto che il gruppo etnico di appartenenza non gioca alcun ruolo causale nel decremento legato all'età della funzione ventilatoria.

Il declino fisiologico annuale del FEV<sub>1</sub> in soggetti sani, non fumatori, di età 35-65 anni, derivato da numerosi studi longitudinali, oscilla tra 25 e 30 ml/anno e analogo è il coefficiente di errore dei buoni spirometri. Ne consegue che decrementi fino a 50-60 ml/anno non sono significativi, mentre decrementi di 90-100 ml/anno (corrispondenti a circa 1 litro in 10 anni) sono da considerare eccessivi e devono suggerire ulteriori valutazioni e/o accertamenti.

Per identificare accuratamente il declino annuo degli indici spirometrici è raccomandato l'utilizzo di almeno 3 osservazioni nell'arco di 5 anni, meglio ancora 4 osservazioni in 6-7 anni. Un fattore critico per l'interpretazione del decadimento longitudinale è ovviamente la qualità delle misure spirometriche, cioè la precisione dei dati.

Decrementi dell'8-10% rispetto al valore osservato nell'esame precedente, in presenza di una buona qualità dei test funzionali, devono comunque essere considerati clinicamente rilevanti e da indagare più approfonditamente.

La frequenza di esecuzione dell'esame spirometrico raccomandata nella sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a tossici respiratori è generalmente biennale o triennale, in quanto la maggior parte delle patologie respiratorie progrediscono lentamente e questo intervallo è sufficiente per valutare eventuali decrementi.

Nel caso di rischi elevati, per la natura o l'intensità dell'esposizione, con rischio di insorgenza di malattie polmonari a più breve latenza (come l'asma professionale o la bronchiolite ostruttiva), la frequenza dovrebbe essere annuale o anche inferiore.

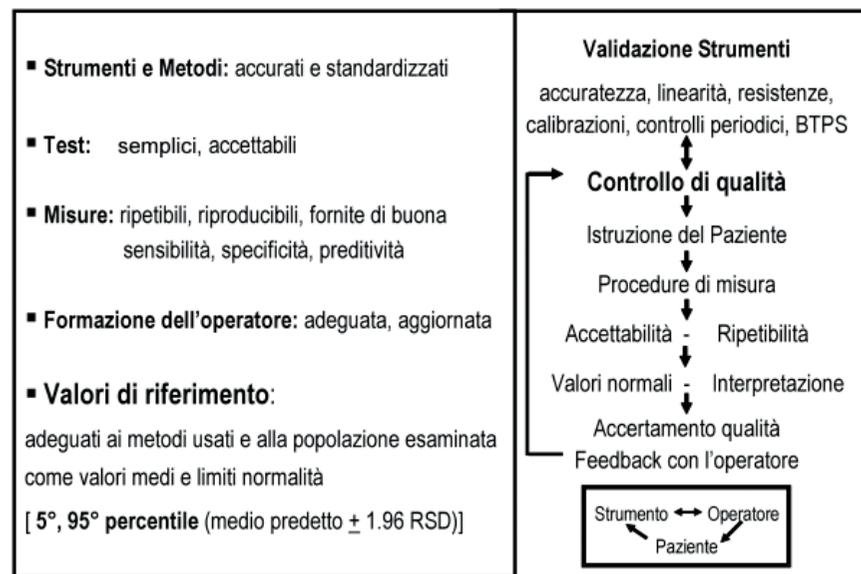
Importante è anche eseguire un'analisi dei risultati delle spirometrie per gruppi omogenei di lavoratori. In questo modo è possibile identificare l'associazione tra esposizioni lavorative e funzionalità respiratoria e anche valutare l'efficacia degli interventi di prevenzione attuati.

## SOMMARIO PER ESEGUIRE SPIROMETRIE DI QUALITÀ

La tabella 5 sintetizza i fattori rilevanti per un'ottimale esecuzione e interpretazione dei test funzionali. Questi fattori comprendono la strumentazione, le procedure di esecuzione, il controllo di qualità dei laboratori di esplorazione funzionale, la capacità e la competenza degli operatori, il tipo di test e di misure utilizzati e la disponibilità di adeguati valori di riferimento.



**TABELLA 5** Schema riassuntivo dei fattori rilevanti per l'interpretazione dei test funzionali e per il controllo di qualità (da Maestrelli 2010)



Schematicamente, i requisiti fondamentali per garantire la corretta esecuzione dell'esame spirometrico si possono riassumere nei seguenti punti.

**Strumentazione**

- ✓ Attrezzature rispondenti alle raccomandazioni ATS/ERS e alla norma UNI EN ISO 26782:2009.
- ✓ Controllo di taratura quotidiano, pulizia, disinfezione e manutenzione periodica dello strumento.
- ✓ Inserimento dei valori di pressione atmosferica, temperatura e umidità relativa dell'ambiente di prova, per la correzione BTPS.

**Esecuzione del test**

- ✓ Misurazione diretta dell'altezza e del peso.
- ✓ Controllo dei dati personali del soggetto (sesso, età, gruppo etnico, abitudine al fumo, terapie in atto).
- ✓ Registrazione dell'ora e della posizione (eretta o

- seduta) in cui il soggetto esegue la prova.
- ✓ Adeguata istruzione del soggetto sulle modalità di effettuazione dell'esame.
- ✓ Uso di stringinaso.
- ✓ Uso di boccaglio e filtro batterico monouso.
- ✓ Incoraggiamento del soggetto a produrre uno sforzo massimale e a prolungare l'espirazione fino al completo svuotamento.

**Validità e interpretazione delle prove**

- ✓ Esecuzione di almeno 3 prove accettabili.
- ✓ Valutazione della ripetibilità.
- ✓ Scelta del valore migliore di FVC e FEV<sub>1</sub>.
- ✓ Utilizzo di valori teorici appropriati.
- ✓ Confronto con le prove eseguite in precedenza dal soggetto, se disponibili.

**BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**

Hankinson JL, Eschenbacher B, Townsend M et al. Use of forced vital capacity and forced expiratory volume in 1 second quality criteria for determining a valid test. *Eur Respir J* 2015; 45: 1283-1292.

Innocenti A, Quercia A, Roscelli F. Appunti di Spirometria per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori e dei fumatori. Seconda edizione. Azienda USL Viterbo 2011. [www.asl.vt.it/Cittadino/SPISLL/pdf/Appunti\\_Di\\_Spirometria.pdf](http://www.asl.vt.it/Cittadino/SPISLL/pdf/Appunti_Di_Spirometria.pdf)

Innocenti A, Quercia A, Roscelli F. I valori di riferimento CECA '71 per la funzionalità polmonare sono ancora validi. *Med Lavoro* 2014; 105: 313-314

Lange NE, Mulholland M, Kreider ME. Spirometry. Don't Blow it! *Chest* 2009; 136: 608-614

Maestrelli P et al. Linee Guida SIMLII per la sorveglianza sanitaria di lavoratori esposti ad irritanti e tossici per l'apparato respiratorio. Fondazione Maugeri - SIMLII 2010

McCormack MC. Office Spirometry. In: *UpToDate* 2016, [www.uptodate.com](http://www.uptodate.com)

Miller MR, Crapo R, Hankinson J et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J*. 2005; 26: 153-161

Miller MR, Hankinson J, Brusasco V et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005; 26: 319-338

Ossicini A. Infortuni e Malattie Professionali. Metodologia operativa 2.0. Sovrintendenza Sanitaria Centrale INAIL 2014

Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005; 26: 948-968

Perez-Padilla R, Vazquez-Garcia JC, Marquez MN, Menezes AMB on behalf of the PLATINO Group. Spirometry Quality-Control Strategies in a Multinational Study of the Prevalence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Respir Care* 2008; 53: 1019-1026

Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95 year age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J* 2012; 40: 1324-1343

Redlich CA, Tarlo SM, Hankinson JL et al. Official American Thoracic Society technical standards: spirometry in the occupational setting. *Am J Respir Crit Care Med*. 2014; 189: 983-993

Redlich CA, Tarlo SM. Longitudinal assessment of lung function decline in the occupational setting. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2015; 15: 145-149

Stanojevic S, Wade A, Stocks J. Reference values for lung function: past, present, future. *Eur Respir J* 2010; 36: 12-19

Tafuro F, Corradi M, Mutti A. Strategie interpretative del deficit ostruttivo all'esame spirometrico. *Med Lavoro* 2014; 105: 197-213

Townsend MC and the Occupational and Environmental Lung Disorders Committee. Spirometry in the Occupational Health Setting - 2011 Update. *J Occup Environ Med* 2011; 53: 569-84

UNI EN ISO 26782:2009. Anaesthetic and respiratory equipment - Spirometers intended for the measurement of time forced expired volumes in humans

Vestbo J, Lange P. Re-assessing the importance of FEV1 decline. *Eur Respir Monogr* 2015; 69: 134-142



## APPENDICE 1

### Valori teorici di riferimento per la funzionalità polmonare di lavoratori immigrati in relazione all'etnia ed al sesso

(S = spirometro a campana, V = Vitalograph, P = pneumotacografo, ? = apparecchio non specificato)

AFRICA		
GHANA 1210 M Bio 2005 - "adulti" ?		
M	FVC	$-4.068 - 0.0210 * \text{anni} + 0.0496 * \text{cm}$
M	FEV <sub>1</sub>	$-2.555 - 0.0210 * \text{anni} + 0.0360 * \text{cm}$
M	FEF <sub>25-75</sub>	$-0.515 - 0.0157 * \text{anni} + 0.0249 * \text{cm}$
NIGERIA ? M Jain 1981 - "adulti" V		
M	FVC	$3.513 * \text{m} - 0.0251 * \text{anni} - 1.301$
M	FEV <sub>1</sub>	$4.228 * \text{m} - 0.0232 * \text{anni} - 3.248$
NIGERIA 600 F Nku 2006 - "adulti" V		
F	FVC	$0.145 + 1.390 * \text{m} - 0.0076 * \text{anni} + 0.0089 * \text{kg}$
F	FEV <sub>1</sub>	$0.240 + 1.045 * \text{m} - 0.0055 * \text{anni} + 0.0064 * \text{kg}$
SENEGAL 284 M e 164 F Dufetel 1989 - > 25 anni S		
M	VC	$-3.45 + 4.66 * \text{m} - 0.018 * \text{anni}$
M	FVC	$-3.25 + 4.51 * \text{m} - 0.018 * \text{anni}$
M	FEV <sub>1</sub>	$-1.21 + 3.01 * \text{m} - 0.021 * \text{anni}$
F	VC	$-1.83 + 3.28 * \text{m} - 0.021 * \text{anni}$
F	FVC	$-1.73 + 3.23 * \text{m} - 0.021 * \text{anni}$
F	FEV <sub>1</sub>	$-0.93 + 2.35 * \text{m} - 0.016 * \text{anni}$
ASIA		
FILIPPINE 121 M e 103 F (San Diego CA - USA) Lin 1999 -> 18 anni S		
M	FVC	$(-4.65 + 0.060 * \text{cm} - 0.021 * \text{anni}) * 0.85$
M	FEV <sub>1</sub>	$(-2.19 + 0.041 * \text{cm} - 0.024 * \text{anni}) * 0.85$
F	FVC	$(-3.59 + 0.049 * \text{cm} - 0.022 * \text{anni}) * 0.85$
F	FEV <sub>1</sub>	$(-1.58 + 0.034 * \text{cm} - 0.026 * \text{anni}) * 0.85$

ASIA		
INDIA 472 M e 288 F [SUD] Udwardia 1987 - "adulti" P		
M	FVC	$-4.83 + 0.054 * \text{cm} - 0.018 * \text{anni}$
M	FEV <sub>1</sub>	$-2.65 + 0.037 * \text{cm} - 0.022 * \text{anni}$
M	TLC	$-7.495 + 0.074 * \text{cm} - 0.001 * \text{anni}$
F	FVC	$-3.76 + 0.043 * \text{cm} - 0.010 * \text{anni}$
F	FEV <sub>1</sub>	$-2.58 + 0.032 * \text{cm} - 0.012 * \text{anni}$
F	TLC	$-5.251 + 0.056 * \text{cm} + 0.003 * \text{anni}$
INDIA ??? M e F [NORD] Aggarwal 1999 - "adulti" S		
M	FVC	$-3.44 - 0.013 * \text{anni} - 0.00005 * \text{anni}^2 + 0.048 * \text{cm}$
M	FEV <sub>1</sub>	$-1.90 - 0.025 * \text{anni} + 0.00006 * \text{anni}^2 + 0.036 * \text{cm}$
M	FEF <sub>25-75</sub>	$59.0 - 2.06 * \text{anni} + 0.007 * \text{anni}^2 + 1.5 * \text{cm}$
F	FVC	$-2.05 - 0.014 * \text{anni} - 0.00004 * \text{anni}^2 + 0.035 * \text{cm}$
F	FEV <sub>1</sub>	$-1.07 - 0.030 * \text{anni} + 0.00013 * \text{anni}^2 + 0.027 * \text{cm}$
F	FEF <sub>25-75</sub>	$23.0 - 2.6 * \text{anni} + 0.01 * \text{anni}^2 + 1.5 * \text{cm}$
PAKISTAN 599 M e 94 F Williams 1978 -> 20 anni S		
M	FVC	$-3.1940 - 0.0192 * \text{anni} + 0.0462 * \text{cm}$
M	FEV <sub>1</sub>	$-0.8858 - 0.0240 * \text{anni} + 0.0284 * \text{cm}$
M	FEF <sub>25-75</sub>	$2.8429 - 0.0379 * \text{anni} + 0.0092 * \text{cm}$
F	FVC	$-2.2275 - 0.0039 * \text{anni} + 0.0320 * \text{cm}$
F	FEV <sub>1</sub>	$-0.6899 - 0.0147 * \text{anni} + 0.0208 * \text{cm}$
F	FEF <sub>25-75</sub>	$1.2931 - 0.0383 * \text{anni} + 0.0138 * \text{cm}$
PAKISTAN 109 M e 80 F Ayub 1987 -> 20 anni P		
M	FVC	$-3.066 - 0.006 * \text{anni} + 0.043 * \text{cm}$
M	FEV <sub>1</sub>	$-2.69 - 0.012 * \text{anni} + 0.038 * \text{cm}$
F	FVC	$-8.474 - 0.013 * \text{anni} + 0.074 * \text{cm}$
F	FEV <sub>1</sub>	$-5.975 - 0.017 * \text{anni} + 0.057 * \text{cm}$

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI PER I VALORI TEORICI

- Aggarwal AN, Gupta D, Jindal SK. Interpreting spirometric data. Impact of substitution of arm span for standing height in adults from North India. Chest 1999; 115: 557-562
- Ayub M, Zaidi SH, Burki NK. Spirometry and flow-volume curves in healthy, normal Pakistanis. Br J Dis Chest 1987; 81: 35-44
- Bio FY, Sadhra S, Jackson C, Burge PS. Pulmonary function prediction equations of male gold miners in Ghana. Central African J Med 2005; 51: 67-71
- Dufetel P, Pigearias B, Lonsdorfer J, et al. Spirometric reference values in senegalese black adults. Eur Respir J 1989; 2: 352-358
- Jain BL, Patrick JM. Ventilatory function in Nigerian coal miners. Thorax 1981; 38: 275-280
- Nku CO, Peters EJ, Eshiet AI, et al. Prediction formulae for lung function parameters in females of south eastern Nigeria. Nig J Phys Sci 2006; 21: 43-47
- Lin FL, Kelso JM. Pulmonary function studies in healthy Filipino adults residing in the United States. J Allergy Clin Immunol 1999; 104: 338-340
- Udwadia FE e coll., citati da Yang T-S, Peat J, Keena V et al. A review of the racial differences in the lung function of normal caucasian, chinese and indian subjects. Eur respir J 1991; 4: 872-880
- Williams DE, Miller RD, Taylor WF. Pulmonary function studies in healthy Pakistani adults. Thorax 1978; 33: 243-249

Pubblicazione presentata al Comitato regionale di coordinamento ex articolo 7, D.Lgs 81/08 e finanziata con fondi assegnati con la Delibera di Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 1239/2015.

Materiale supplementare sulla spirometria è reperibile nel sito [www.ausl.pr.it](http://www.ausl.pr.it) (*digitare SPIROMETRIA nel campo di ricerca*)

### *A cura di*

**Franco Roscelli, Ines Tollemeto** - Azienda USL di Parma

**Augusto Quercia** - Azienda USL Viterbo

**Andrea Innocenti** - Azienda USL Toscana Centro (Pistoia)

### *Hanno collaborato*

**Silvana Basso Ricci**

**Walter Catellani**

**Claudia Garavelli**

**Giancarlo Napoli**

**Chiara Tanzi**

### *Coordinamento grafico editoriale*

Ufficio stampa, comunicazione e rapporti con l'Utenza Azienda USL di Parma



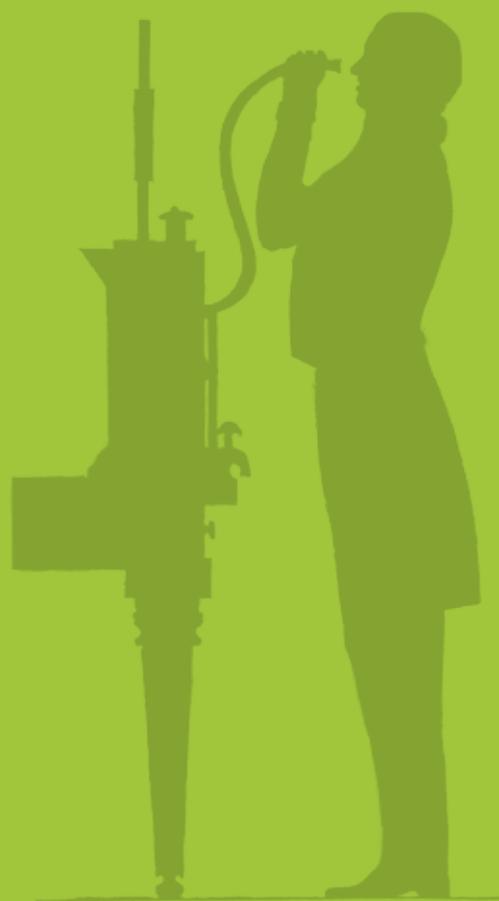
SERVIZIO SANITARIO REGIONALE  
EMILIA-ROMAGNA  
Azienda Unità Sanitaria Locale di Parma

### *Copertina*

Elaborazione grafica da:

*"Hutchinson J. On the capacity of the lungs, and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer."*

Medico-Chirurgical Transactions 1846; 29: 137-252. Wellcome Library, London



I quaderni di Medicina del Lavoro sono stati realizzati dal Servizio Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro dell'Azienda Usl di Parma.