

Guida rapida alla spirometria

Questo desktop helper ha lo scopo di fornire ai professionisti delle cure primarie le informazioni necessarie a condurre, valutare e interpretare la spirometria e a comprenderne il ruolo e i limiti nella diagnosi e nel monitoraggio delle malattie respiratorie.

INTRODUZIONE

La spirometria è un test oggettivo che misura il volume d'aria che una persona può espirare e la velocità (flusso) alla quale può farlo.¹⁻⁶ L'esecuzione della spirometria è obbligatoria nella diagnosi e nel monitoraggio della broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) e importante in patologie o condizioni quali l'asma bronchiale, la fibrosi polmonare idiopatica e la tosse cronica. La spirometria è utile anche per valutare l'impatto che alcune malattie sistemiche hanno sull'apparato respiratorio; inoltre, aiuta a determinare, prima di un intervento chirurgico, il livello di rischio che un individuo ha prima dell'intervento medesimo.

COSA DOBBIAMO FARE?

Prima del test

Considerare le potenziali controindicazioni all'effettuazione della spirometria (Tabella 1).

L'esito della spirometria dipende ampiamente dalla collaborazione del soggetto che deve sottoporvisi (probando) e dalle condizioni in cui il test è effettuato; pertanto la procedura dovrà essere spiegata al probando, prima della sua effettuazione. Il medico che prescrive il test dovrà decidere se il probando debba sospendere l'assunzione di qualsiasi farmaco respiratorio prima dell'effettuazione dell'esame. (vedere la Tabella 2 per i tempi minimi). Può non essere necessario sospendere l'assunzione di farmaci respiratori, qualora lo scopo del test sia determinare se la funzione polmonare del probando, paziente già in terapia con farmaci respiratori, possa essere migliorata da una terapia aggiuntiva a quella abituale.

Invitare il probando a non fumare, svapare o usare pipe ad acqua, ad astenersi da qualsiasi esercizio fisico intenso per almeno un'ora prima del test e dal consumare alcolici (e/o sostanze che possano compromettere la lucidità) nelle 8 ore precedenti il test. Invitare il probando ad allentare gli indumenti stretti.

La spirometria deve essere condotta in un locale confortevole e ben ventilato (ideamente, dedicato alla spirometria), dotato di bilancia, statimetro e stazione meteorologica di base (se non già integrata nella strumentazione); il probando dovrà stare seduto su una sedia senza braccioli, ruote o regolazioni in altezza. Lo spirometro deve avere un intervallo di errore massimo

Tabella 1: Controindicazioni alla spirometria.

Presenza di condizioni che pongano a serio rischio la salute della persona che compie uno sforzo significativo, quali ad esempio:

- Emottisi significativa
- Pneumotorace in atto o recente. L'anamnesi patologica remota di pneumotorace non controindica la spirometria
- Patologia cardiovascolare instabile in atto (es. angina pectoris, infarto miocardico recente, trombo-embolia polmonare)
- Aneurismi cerebrali, toracici o addominali
- Distacco di retina recente o recente intervento di chirurgia oftalmica (ad es. cataratta)
- Recente intervento chirurgico al torace o all'addome

Situazioni in cui non sia possibile ottenere manovre di qualità minima accettabile, quali:

- Incapacità di comprendere le indicazioni relative all'esame o mancata volontà di seguirle
- Impossibilità da parte del probando a comprendere bene la manovra (ad esempio, bambini di età inferiore ai 6 anni, deterioramento mentale, alcuni soggetti anziani).
- Stato fisico precario Condizioni fisiche precarie (es. presenza di cachessia)
- Presenza di tracheostomia. Se si ritiene necessario sottoporre a spirometria una persona portatrice di tracheostomia, inviare la persona stessa a un centro specializzato.
- Problemi orali e/o facciali che impediscono la corretta chiusura della bocca attorno al boccaglio (ad esempio, paralisi facciale).
- Nausea rilevante evocata dall'inserimento del boccaglio.

Tabella 2: Tempo minimo che deve intercorrere tra l'assunzione di alcuni farmaci respiratori e l'esecuzione della spirometria.

Farmaco	Tempo minimo suggerito (ore)
Salbutamolo, terbutalina, ipratropio	6
Formoterolo, salmeterolo	12
Indacaterolo, olodaterolo, vilanterolo	24
Acclidinio	12
Tiotropio, glicopirronio, umeclidinio	24
Teofillina a breve durata d'azione	8
Teofillina a rilascio prolungato	12
Cromoni	24

di $\pm 2,5\%$ quando testato con una siringa di calibrazione da 3L.

Preparazione del probando alla spirometria

Non tutte le persone sono in grado di effettuare spirometrie di buona qualità, ma la competenza dell'operatore può migliorare la qualità dei risultati.

- Inserire nei campi dedicati del software i dati del probando, compresi età, altezza e sesso alla nascita.

- Invitare il probando a rimuovere eventuali protesi dentarie mobili.
- Far sedere il probando su una sedia senza braccioli, ruote o regolazioni in altezza, con la schiena appoggiata allo schienale ed entrambi i piedi appoggiati a terra, non incrociati. Invitare il probando a mantenere la posizione eretta (evitando di flettere il tronco in avanti) mentre esegue la procedura.
- Spiegare la procedura con termini semplici: "Questo è un test semplice; dovrà seguire attentamente le mie ►

Tabella 3: Istruzioni per le persone sottoposte a spirometria a circuito aperto e a circuito chiuso.

Spirometria a circuito aperto	Spirometria a circuito chiuso
<ol style="list-style-type: none"> 1. Sedersi in posizione eretta con le gambe non incrociate e i piedi appoggiati al pavimento, senza flettere il tronco in avanti. 2. Espirare completamente e svuotare i polmoni 3. Inspirare rapidamente e profondamente fino a riempire completamente i polmoni. 4. Inserire immediatamente il bocchaglio in bocca e serrare le labbra intorno allo stesso a formare una chiusura ermetica. 5. Senza fare pause pari a o eccedenti i 2 secondi, espirare il più forte e velocemente possibile, finché i polmoni non siano completamente svuotati dell'aria o non si riesca a espirare ulteriormente. 6. Rimuovere il bocchaglio e respirare normalmente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sedersi in posizione eretta con le gambe non incrociate e i piedi appoggiati sul pavimento, senza flettere il tronco in avanti. 2. Posizionare il bocchaglio in bocca e serrare le labbra intorno allo stesso a formare una chiusura ermetica. 3. Respirare normalmente per 2-3 respiri 4. Inspirare rapidamente e profondamente fino a riempire completamente i polmoni. 5. Senza fare pause pari a o eccedenti i 2 secondi, espirare il più forte, velocemente e il più a lungo possibile, fino a quando i polmoni non siano completamente svuotati dell'aria o non si riesca a espirare ulteriormente. 6. Mantenendo il bocchaglio ben serrato tra le labbra, inspirare di nuovo con la massima forza e intensità possibili. 7. Rimuovere il bocchaglio e respirare normalmente.

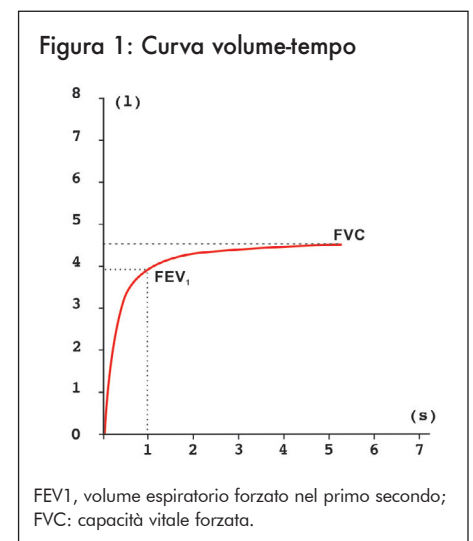
sogetti anziani, che si verifica quando si utilizza il limite fisso del 70%, proponiamo di utilizzare il limite inferiore di normalità (LLN) del FEV1%, come valore di cut-off per determinare la presenza di un'ostruzione; esso corrisponde al quinto percentile, o a -1,64 sullo z-score del valore di riferimento. Tuttavia, l'LLN non è incluso nel software della maggior parte degli spirometri attuali ed è indicato solo senza la necessità di ulteriori conversioni nei valori teorici della Global Lung Function Initiative (GLI).⁷ Per ora, il 70% rimane il cut-off per l'ostruzione raccomandato dalle organizzazioni internazionali, come la Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD),^{8,9} quando si valutano le persone con BPCO.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Tipi di curve spirometriche

Il primo passo per la corretta interpretazione dei risultati di una spirometria è verificare l'accettabilità delle curve generate durante la manovra utilizzando due diversi grafici: il grafico volume-tempo (V-T) e il grafico flusso-volume (F-V). L'esame delle curve su ciascuno di questi grafici indicherà se la manovra è stata eseguita correttamente e possa essere considerata accettabile, ovvero se vi siano errori significativi che richiedono la ripetizione del test.

- **Grafico volume-tempo:** Il volume è misurato in litri sull'asse y (delle ordinate), mentre il tempo è misurato in secondi sull'asse x (delle ascisse). Una normale curva V-T presenta un'impennata, dato che gran parte dell'aria viene espulsa nel primo secondo. In seguito, la pendenza diventa gradualmente più dolce fino ad appiattirsi, quando raggiunge il volume massimo (FVC). Il volume di aria espulsa nel primo secondo dell'inspirazione costituisce il FEV1 (Figura 1).



- **Grafico flusso-volume:** In questo tipo di grafico, il flusso è misurato in litri al secondo sull'asse y (delle ordinate) e il volume è misurato in litri sull'asse x (delle ascisse). La curva F-V normale ha

istruzioni. Quando dico "inspiri profondamente e completamente", stringa i denti sul bocchaglio, con le labbra aderenti ad esso e senza che la lingua ne ostruisca l'apertura, quindi soffi fuori l'aria più velocemente e più a lungo che può, finché i polmoni non sono completamente vuoti o finché non le dico di inspirare di nuovo. Poi inspiri di nuovo profondamente e completamente."

- Dopo la spiegazione, mostrare probando la procedura illustrando una capacità vitale forzata (FVC) e una capacità vitale inspiratoria forzata (FIVC) complete.
- Regolare il bocchaglio a un'altezza adeguata per il probando, assicurandosi che il mento sia tenuto a un angolo di 90° rispetto al torace. Invitare il probando a posizionare il bocchaglio tra le labbra e assicurarsi che la lingua non ostruisca l'apertura.
- Se si sta effettuando il test dell'inspirazione, fornire al probando e chiedergli di indossare una pinza stringinaso per evitare fuoriuscite d'aria dal naso; ciò non è necessario per la manovra espiratoria.
- Il probando deve ricevere un comando chiaro e deciso per iniziare la respirazione forzata. Tra la fine dell'inspirazione e l'inizio dell'espirazione forzata non devono trascorrere più di 2 secondi (tempo di esitazione).
- La curva flusso-volume sullo schermo deve essere monitorata in ogni momento per rilevare eventuali alterazioni che potrebbero costringere a interrompere la manovra.
- Il probando deve essere fortemente esortato per tutta la durata della manovra, motivandolo con esclamazioni quali: "Vai, vai!" o "Soffia, soffia!". Questa fase è fondamentale per garantire il successo della manovra.
- Ripetere il test fino ad ottenere tre curve accettabili e ripetibili (con un massimo di 8 tentativi); si possono prendere in

considerazione più tentativi se il probando si sente bene e accetta di procedere.

Vedere la Tabella 3 per le differenze nella tecnica di esecuzione della spirometria a circuito aperto o chiuso (che comprende una fase di respirazione forzata).

PRINCIPALI VARIABILI OTTENUTE

Sebbene i moderni spirometri possano fornire risultati a più variabili, per interpretare la spirometria sono sufficienti tre parametri di base: il FVC (Capacità Vitale Forzata, espressa in litri), il volume espiratorio forzato nel primo secondo (FEV1, misura di flusso espressa in litri al secondo), e il loro rapporto FEV1/FVC (espresso come rapporto o percentuale).

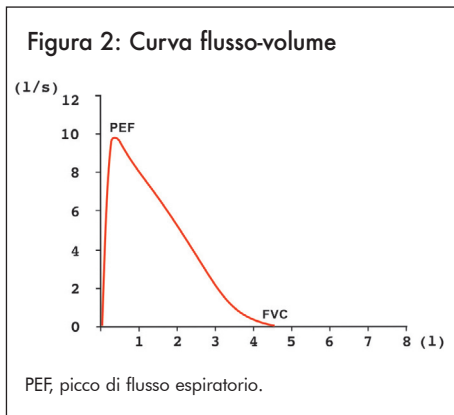
- FVC è il volume d'aria totale che può essere emesso con un'espirazione forzata che segue un'inspirazione massimale. Assicurarsi che il probando abbia svuotato i polmoni di tutta l'aria disponibile per completare la manovra.
- FEV1 è il volume espirato nel primo secondo di una espirazione forzata.
- Il rapporto tra il volume espirato nel primo secondo e la capacità vitale forzata (FEV1/FVC), noto anche come rapporto di espirazione forzata (FER o FEV1%), indica la percentuale di capacità vitale espirata nel primo secondo della manovra; costituisce parametro fondamentale per misurare l'ostruzione delle vie aeree.

DIAGNOSI DI MALATTIA OSTRUTTIVA DELLE VIE AEREE

In condizioni normali, nel primo secondo dell'espirazione forzata viene espirato oltre il 70% di FVC. Se il rapporto FEV1/FVC è inferiore al 70%, ciò significa che è presente un'ostruzione delle vie aeree.

Per ridurre la sottodiagnosi di ostruzione nei soggetti giovani e la sovradiagnosi nei

un'ascesa molto ripida, vicino all'asse orizzontale (flusso) fino a raggiungere un picco (picco di flusso espiratorio [PEF]). Da tale punto, decresce, disegnando una linea quasi retta, con una pendenza meno pronunciata, fino a raggiungere asintoticamente l'asse x (volume), mostrando la FVC (Figura 2).



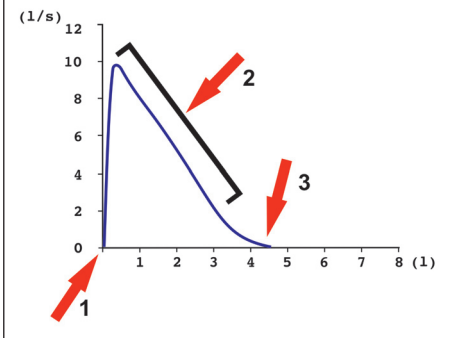
Accettabilità della manovra

Osservando le curve, è possibile identificare una manovra corretta e quindi risultati significativi. La curva deve indicare che c'è stato un inizio corretto ed esplosivo del test e che il picco di sforzo è situato molto vicino all'inizio della manovra; che la forma della curva è appropriata, senza irregolarità che indichino un flusso errato o anomalo; e che termina correttamente - gradualmente - piuttosto che bruscamente - verificando che praticamente tutto il volume precedentemente ispirato sia stato espirato (Figura 3).

Figura 3: Criteri di accettabilità di ogni singola curva come visualizzati sui grafici flusso-volume e volume-tempo.

Sono indicati tre punti critici:

- 1) che abbia un inizio regolare e senza esitazioni
- 2) che abbia una salita rapida e verticale fino al picco e una curva discendente continua e senza artefatti o indentature
- 3) che non vi sia alcuna evidenza di interruzione precoce.



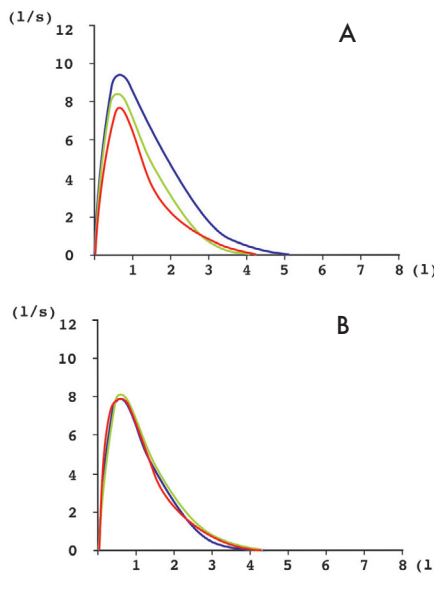
Per determinare se c'è stato un buon inizio in ogni curva, si utilizza il (BEV) Volume di estrapolazione retrograda (Vext) (calcolato automaticamente dallo spirometro), che deve essere <100 ml o il 5% della FVC, tenendo in considerazione il maggiore tra i due parametri.

Ripetibilità della manovra

Oltre a produrre curve accettabili, la spirometria deve essere ripetibile, al fine di

poter essere interpretata; dobbiamo essere sicuri che darà risultati simili ogni volta che viene ripetuta. Quindi, dopo aver ottenuto almeno tre curve accettabili, la differenza tra le due curve migliori deve essere inferiore a 150 ml o al 5% (sia per la FVC che per il FEV1), tenendo in considerazione il maggiore tra i due parametri. Nei bambini di età inferiore ai 6 anni tale differenza deve essere inferiore a 100 ml o al 5%, a seconda di quale sia il valore maggiore tra i due. La maggior parte degli spirometri fornisce queste informazioni automaticamente (Figura 4).

Figura 4: Ripetibilità della curva flusso-volume. A: Curve non ripetibili. B: Curve ripetibili.



Errori frequenti

Osservando le curve, è possibile identificare eventuali errori imputabili al probando e/o all'operatore; qualora questi siano presenti, si deve interrompere il test e procedere alla sua ripetizione (Figura 5).

La maggior parte degli spirometri visualizza messaggi di avvertimento qualora siano rilevati errori, sullo schermo o sul referto cartaceo. L'operatore sanitario che interpreta i risultati deve tenere conto di questi messaggi. La Tabella 4 mostra una sintesi dei principali criteri di accettabilità e ripetibilità.

RISULTATI DELLA SPIROMETRIA

Valori di riferimento

I risultati ottenuti dal test spirometrico devono essere interpretati in relazione ai valori di riferimento o teorici per persone sane della stessa età, altezza e sesso alla nascita. I valori ottenuti per ogni probando vengono confrontati con questi valori attesi e sono espressi come percentuale del valore osservato rispetto al valore teorico (valore osservato/valore teorico x 100). Un valore del 100% significa che il parametro osservato è uguale a quello teorico. Per quanto riguarda FVC e FEV1, un valore $\geq 80\%$ del valore teorico è considerato normale, mentre un valore <80% è considerato patologico. Analogamente a quanto spiegato per il FEV1%, sarebbe consigliabile utilizzare l'LLN piuttosto che il valore fisso dell'80% del valore teorico per evitare di sovrastimare o sottostimare i risultati.

Si raccomanda di utilizzare i valori di riferimento del GLI-2012 (Global Lung Function Initiative 2012).

Figura 5: Principali errori della manovra.

Si noti che la curva flusso-volume fornisce generalmente maggiori informazioni sulla qualità della prova.

A: partenza lenta. B: sforzo insufficiente. C: sforzo variabile (doppio sforzo). D: tosse nel primo secondo dell'espirazione. E: chiusura della glottide. F: interruzione precoce.

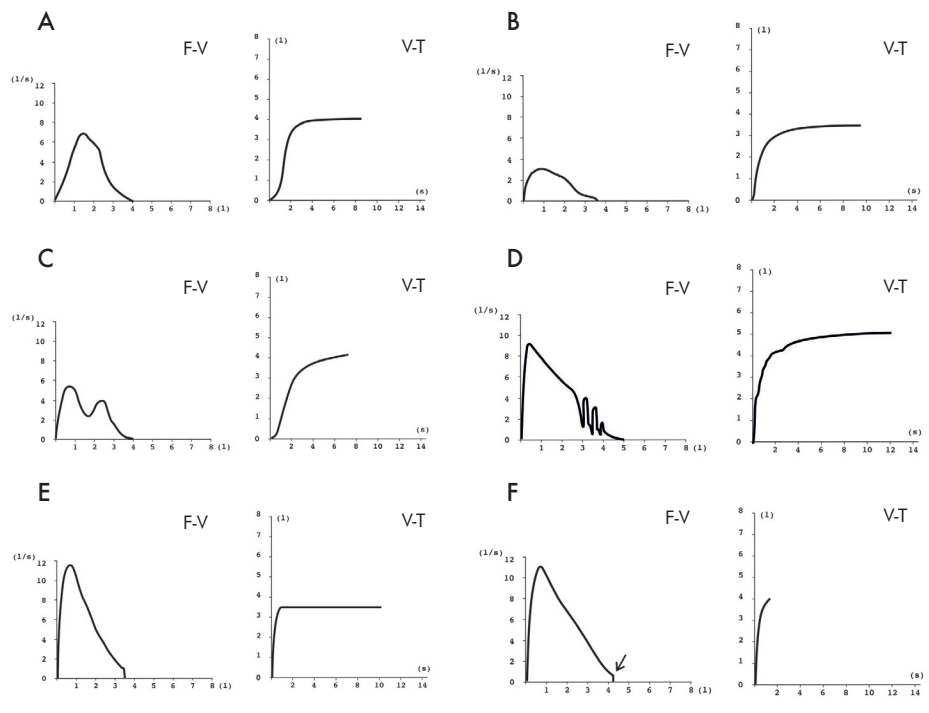


Tabella 4: Sintesi dei criteri di accettabilità e ripetibilità.²

Accettabilità	Buon avvio
	Buona morfologia della curva FV
	Buon completamento della manovra
Ripetibilità	

FET, tempo di espirazione forzata; FEV1, volume espiratorio forzato nel primo secondo; FV, flusso-volume; FVC, capacità vitale forzata; PEF, picco di flusso espiratorio; VT, volume-tempo; FIVC: capacità vitale inspiratoria forzata

Schemi (pattern) spirometrici

L'interpretazione di una manovra accettabile e ripetibile è ragionevolmente semplice, dato che sono possibili solo 4 pattern spirometrici diversi e facilmente distinguibili.

Una semplice osservazione delle curve può rivelare il pattern del test, anche se è consigliabile verificarlo attraverso la valutazione dei valori numerici (Figura 6). Per definire i pattern spirometrici, applicare l'algoritmo riportato nella Figura 7.

APPLICAZIONE DEI RISULTATI NELLA PRATICA CLINICA

La spirometria non fornisce di per sé una diagnosi, ma si limita a sostenere o confutare

un sospetto diagnostico basato sui dati clinici correlati e altre eventuali indagini diagnostiche complementari. Tuttavia, la spirometria fornisce indizi preziosi e, analizzandone i risultati, è possibile identificare quattro pattern spirometrici: normale, ostruttivo, restrittivo e misto. Questi pattern distinti, insieme ai dati clinici del soggetto in esame, consentono la formulazione di una diagnosi.

TEST DI RESPONSIVITÀ POST-BRONCODILATATORE

Il test di responsività ai broncodilatatori (BD) è utilizzato per studiare la dilatazione che può verificarsi a carico dei bronchi del

soggetto esaminato dopo la somministrazione di un broncodilatatore (di solito salbutamolo/albuterolo) e se tale broncodilatazione raggiunge la completa reversibilità (normalizzazione di un pattern precedentemente ostruttivo). Per verificare se ciò si è verificato, si confronta la FVC ottenuta prima e dopo la somministrazione di BD. Se il miglioramento del FEV1 o del FVC è superiore al 10% del valore predetto, il test è considerato risposta positiva al BD. Il precedente criterio per un test BD positivo di >200 ml è stato recentemente eliminato dalle linee guida ERS-ATS, al fine di semplificare l'interpretazione del test.

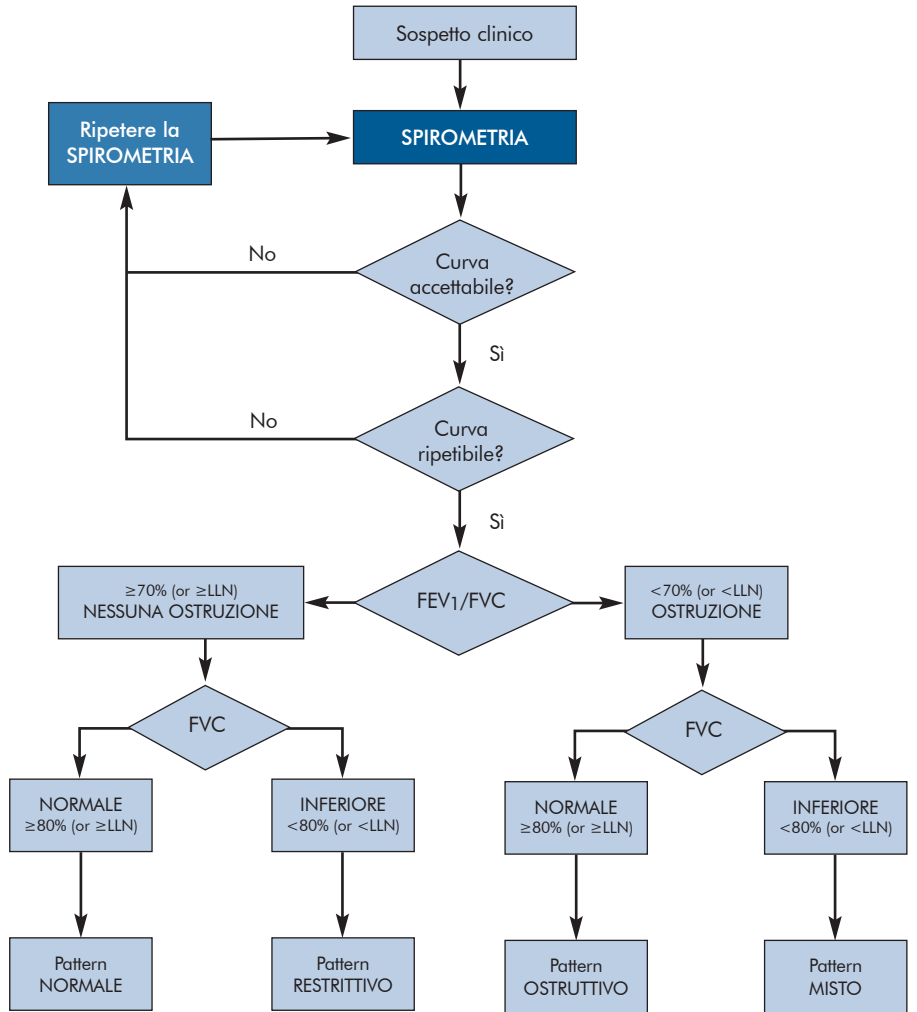
Figura 6: Pattern spirometrici nelle curve e nelle variabili spirometriche.¹

	Modelli			
	Normale	Ostruttivo	Restrittivo	Misto
Curva FV				
Curva VT				
FEV1/FVC	Normale	Basso	Normale	Basso
FVC	Normale	Normale	Basso	Basso
FEV1	Normale	Basso *	Basso	Basso

Basso, valore diminuito al di sotto del limite normale. *In caso di ostruzione molto lieve, il FEV1 può rimanere normale.

FEV1, volume espiratorio forzato nel primo secondo; FV, flusso-volume; FVC, capacità vitale forzata; VT, volume-tempo.

Figura 7: Algoritmo per determinare il pattern di una spirometria.¹



FEV1, volume espiratorio forzato nel primo secondo; FVC, capacità vitale forzata.

PASSI SUCCESSIVI

Nei casi in cui la spirometria evidenzia un pattern misto (ostruzione + restrizione), il probando dovrebbe essere sottoposto a un test idoneo a valutare i volumi polmonari (ad esempio, la pletismografia), per valutare se la ridotta FVC sia dovuta a una malattia restrittiva o se si tratti solo di una restrizione funzionale del volume dovuta all'intrappolamento dell'aria, con un aumento del volume residuo, cosa che accade nella stragrande maggioranza delle persone con forme gravi di BPCO.

Riferimenti

Tutti i dettagli sono disponibili all'indirizzo: www.ipcr.org/dth14.

1. Cimas JE, et al. Guía de procedimiento para la espirometría en atención primaria. Barcelona: semFVC ed, 2021.
2. Graham BL, et al. Am J Respir Crit Care Med 2019; 200:e70–e88.
3. Miller MR, et al. Eur Respir J 2005;26:319–38.
4. Consiglio nazionale dell'asma Australia. The spirometry handbook for primary care. Melbourne; National Asthma Council Australia: 2020. Disponibile all'indirizzo: <https://www.nationalasthma.org.au/living-with-asthma/resources/health-professionals/information-paper/spirometry-handbook>. Accesso a marzo 2023.
5. García-Río F, et al. Arch Bronconeumol 2013;49: 388–401.
6. Iniziativa globale per l'asma (GINA). Strategia globale per la gestione e la prevenzione dell'asma, aggiornamento 2021. Disponibile all'indirizzo: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2021/05/GINA-Main-Report-2021-V2-WMS.pdf>. Accesso a marzo 2023.
7. Quanjer PH, et al. Disponibile all'indirizzo: <https://www.ers-education.org/lrmedia/2012/pdf/266696.pdf>. Accesso marzo 2023.
8. Iniziativa globale per le malattie polmonari croniche ostruttive: 2022 Report. Disponibile all'indirizzo: <https://goldcopd.org/2022-gold-reports-2/>. Accessed marzo 2023.
9. Iniziativa Globale per le Malattie Polmonari Croniche Ostruttive (GOLD). Guida alla spirometria: Spirometria per gli operatori sanitari. Disponibile all'indirizzo: <https://goldcopd.org/gold-spirometry-guide/>.

NOTE

