

La spirometria in ambulatorio: metodo e interpretazione

Cesare Braggion*, Maria Carli**, Laura Menin*, Antonella Borruso*, Erika Fedrigo**

*Centro Fibrosi Cistica della Regione Veneto

**UO di Pediatria, Ospedale Civile Maggiore, Azienda Ospedaliera di Verona

Abstract

Spirometry in office practice: methods and interpretations

Spirometry is a sensitive measure of airflow limitation: it is useful both in diagnosis and monitoring of asthma as in other chronic lung diseases, but it is underestimated in primary care. In fact, spirometry should be feasible in primary care practices so that children at risk for progressive loss of lung function can be identified and their therapy intensified. Important information is provided by lung function tests regarding disease severity and therapy response. The purpose of this review is to give primary care paediatricians a practical approach in order to achieve an optimal test performance, adherence to standard acceptability and repeatability criteria, and accurate interpretation of spirometry. A better definition of the natural history of respiratory tract diseases in children can be achieved through a greater use of office spirometry.

Quaderni acp 2007; 14(2): 75-80

Key words Office spirometry. Respiratory tract diseases in children. Asthma

La spirometria è una misura sensibile della limitazione dei flussi, utile sia nella diagnosi che nel monitoraggio dell'asma e di altre malattie croniche polmonari ma è sottoutilizzata nelle cure di primo livello, erogate dai pediatri di famiglia. Idealmente la spirometria dovrebbe essere eseguibile negli ambulatori allo scopo di identificare i bambini a rischio di perdita di funzione polmonare, ai quali intensificare la terapia. I test di funzione polmonare forniscono importanti informazioni sulla severità della malattia di base e la risposta alla terapia. Lo scopo di questo articolo è di presentare ai pediatri di famiglia una sintesi sull'ottimale prestazione durante l'esecuzione della spirometria, sui criteri di standardizzazione della misura (accettabilità e riproducibilità) e sulla sua accurata interpretazione. Una più diffusa applicazione della spirometria in ambulatorio permetterà una migliore definizione della storia naturale delle malattie delle vie aeree inferiori nei bambini.

Parole chiave Spirometria ambulatoriale. Malattie respiratorie dell'infanzia. Asma

Introduzione

La spirometria è la misura del massimo volume di aria mobilizzabile con un atto respiratorio e perciò "fotografa" le riserve del sistema respiratorio. Se si richiede di forzare e accelerare al massimo il riempimento e lo svuotamento dei polmoni, si stimola il sistema respiratorio nelle sue principali componenti meccaniche: forza dei muscoli inspiratori ed espiratori, elasticità di polmoni e gabbia toracica e pervietà delle vie aeree. La spirometria consente, perciò, di testare la meccanica del sistema respiratorio, evidenziando se prevale un problema di pervietà delle vie aeree (difetto ostruttivo) oppure se prevale un problema di forza dei muscoli respiratori, di elasticità del siste-

ma o di importante perdita di volumi (difetto restrittivo).

Oltre che per il suo potenziale diagnostico, la spirometria è entrata nella pratica clinica quotidiana, poiché essa è una misura accurata, di semplice esecuzione e interpretazione, non invasiva e relativamente poco costosa [1-3]. Essa è eseguibile a tutte le età, dalla nascita fino all'età senile. Studi recenti hanno dimostrato l'eseguibilità della misura anche in età prescolare: un accordo sui criteri minimi di standardizzazione renderà possibile la raccolta di valori normali di riferimento, necessari per l'interpretazione della spirometria in questa fascia di età [4-6]. Una espirazione forzata può essere prodotta nel neonato e lattante utilizzan-

do un giubbotto gonfiabile, che comprime il torace e l'addome: la necessità di sedazione, la complessità e i costi della strumentazione, la difficoltà a raccogliere valori normali di riferimento ne hanno limitato finora l'impiego nella pratica clinica [7].

I progressi tecnologici hanno contribuito a costruire una vasta gamma di spirometri, da quelli più semplici e portatili a quelli più complessi e sofisticati. Per quanto riguarda l'"office spirometry" sono stati impiegati sia strumenti portatili, più simili per prestazione a quelli di laboratorio, sia strumenti che sono stati semplificati nelle operazioni da eseguire e nei parametri misurati [8-9]. La spirometria ambulatoriale può avere un ruolo sempre più importante nella gestione di alcune malattie respiratorie croniche dell'infanzia, come l'asma, anche in considerazione delle limitazioni emerse dalla misura domiciliare del picco di flusso espiratorio (PEFR) [1-3-10]. Non è ancora noto, infatti, il ruolo preciso del monitoraggio domiciliare del PEFR sulla prognosi dell'asma, mentre è emerso che l'aderenza a questa misura diventa scarsa quando essa è prolungata nel tempo, specie nelle condizioni di asma lieve o moderato stabili [10].

In questo articolo si farà riferimento prevalentemente agli aspetti metodologici della spirometria ambulatoriale in età pediatrica.

Manovre, segnali e strumenti

Con la spirometria ambulatoriale è sufficiente eseguire la manovra di espirazione forzata: essa consiste in una rapida e massima inspirazione, seguita da una espirazione massima e forzata. Con questa manovra si misurano il massimo volume di aria espirato forzatamente, la capacità vitale forzata (CVF), e diversi altri parametri, fra i quali il principale è

Per corrispondenza:
Cesare Braggion
e-mail: ebraggion@qubisoft.it

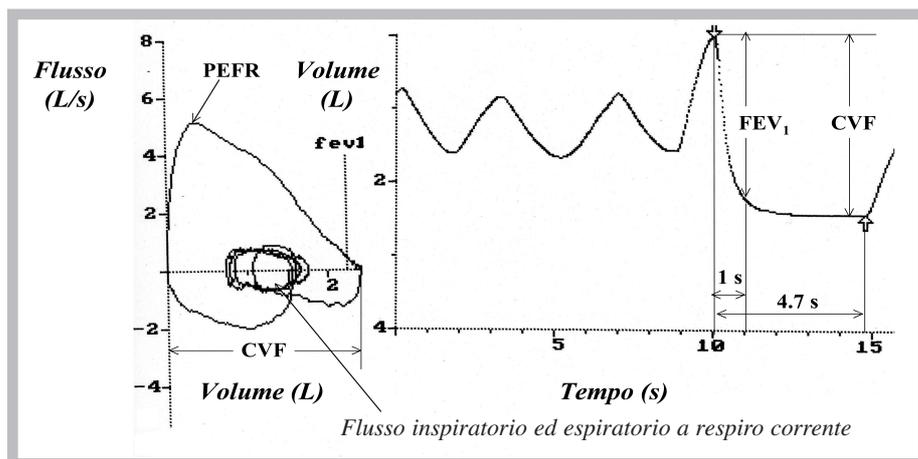
aggiornamento avanzato

il volume espiratorio forzato nel primo secondo (FEV_1). La rapidità dell'inspirazione e l'assenza di apnea post-irritazione consentono di ottenere flussi e volumi espiratori maggiori [1-12]. L'inspirazione massima può iniziare dopo la fine di una espirazione a respiro corrente (capacità funzionale residua = CFR) o, se il bambino è un po' allenato, dopo uno svuotamento massimo. La misura della capacità vitale lenta (CV) non rientra nella spirometria ambulatoriale.

Se consideriamo gli strumenti portatili, che il mercato oggi mette a disposizione, e l'esperienza acquisita con la strumentazione, il pediatra può orientare la sua scelta su un misuratore a turbina o un pneumotacografo [1-3]. Altri sensori di flusso, come quelli a ultrasuoni, sono interessanti ma hanno una minor esperienza sul campo [11]. Tutti questi sensori misurano il flusso inspiratorio ed espiratorio in litri/secondo. Il computer trasforma il segnale di flusso in segnale di volume (flusso = volume/tempo; volume = flusso x tempo) e ciò consente di monitorare le manovre inspiratorie ed espiratorie sia come andamento del flusso nel tempo che come andamento del volume nel tempo. Se i segnali di flusso e volume sono plottati contemporaneamente, rispettivamente sull'asse y e x, si ottiene la curva flusso-volume dell'espirazione forzata (MEFV) (figura 1), che rappresenta la migliore "fotografia" del funzionamento del sistema respiratorio [1-3].

Uno strumento è accurato quando la sua misura è molto vicina al "vero". Se una siringa di precisione di 3 litri rappresenta il "vero", lo spirometro è accurato se, collegato alla siringa, misura un volume molto vicino a 3 litri. Uno strumento è preciso quando la misura ripetuta nel tempo non varia di molto. Mentre la spirometria diagnostica di laboratorio deve avere una accuratezza e una precisione per la misura di CVF e FEV_1 rispettivamente del 3% (50 ml) e del 3% (50 ml), per gli strumenti di monitoraggio i limiti diventano rispettivamente del 5% (100 ml) e del 3% (50 ml) [3]. Oggi anche le turbine e i sensori di flusso ad ultrasuoni sono sufficientemente accurati [8-11]. Sugeriamo che il pediatra verifichi nel suo ambulatorio con una siringa da 3 L l'accuratezza (la differenza massima tra volume della siringa e il volume misura-

FIGURA 1: CURVA FLUSSO-VOLUME E TRACCIATO VOLUME-TEMPO



A sinistra è mostrata la curva flusso-volume, a destra il tracciato volume-tempo di una espirazione forzata, prodotta da una bambina sana di 10 anni. Nella curva flusso-volume sono rappresentati anche i flussi a volume corrente e i flussi inspiratori, che precedono l'espirazione forzata. Osservando la curva flusso-volume, è riconoscibile al suo inizio un picco del flusso espiratorio (PEFR: 5,12 L/s) e successivamente una riduzione graduale del flusso: il suo aspetto è perciò triangolare. Il volume massimo espirato forzatamente, letto sull'asse x della curva, è la capacità vitale forzata (CVF: 2,43 L).

Il tracciato volume-tempo mostra che nel primo secondo viene espulso quasi il 90% del massimo volume espirato (CVF). L'espirazione forzata dura 4,7 sec., ma è riconoscibile un plateau finale del segnale di volume ben maggiore di 1 secondo. Nella figura sono indicati il volume espiratorio forzato nel primo secondo (FEV_1 : 2,26 L) e il massimo volume espirato durante la manovra (CVF: 2,43 L).

to deve essere di 50-100 ml) e la precisione (la differenza massima tra volume della siringa e volume misurato non deve variare nel tempo più di 50 ml) dello strumento. Questa verifica, da eseguire prima della misura, dà tranquillità sull'efficienza dello spirometro a disposizione.

Gli spirometri ambulatoriali sono a circuito aperto e solo l'espirazione avviene nello strumento, mentre la fase inspiratoria avviene senza contatto con lo spirometro. Per tale ragione l'uso di boccagli mono-paziente rappresenta l'unica misura per il controllo delle infezioni crociate [9]. Solo nel caso di bambini con infezione polmonare cronica accertata (baccilli tubercolari o altri patogeni) è prudente usare anche filtri antibatterici. Turbina o pneumotacografo devono essere periodicamente lavati e disinfettati secondo le raccomandazioni della casa produttrice.

La qualità della spirometria

L'esecuzione di manovre massimali deve essere valutata con precisi e definiti criteri, per assicurarsi che lo sforzo sia stato effettivamente massimale: per la spirometria si fa riferimento a precisi criteri di accettabilità e di riproducibilità delle curve MEFV ottenute (tabella 1) [1-3]. Ai primi approcci del bambino con la spirometria suggeriamo di far prendere confidenza con lo stringinaso e il boccaglio, che deve essere mantenuto appoggiato sopra la lingua. Si possono, quindi, mostrare e provare insieme l'inspirazio-

ne massima e l'espirazione forzata. Alcuni strumenti sono dotati di un software che presenta al bambino un'animazione (soffiare le candeline o il gioco del bowling), che incentiva la rapidità e la forza dell'inizio dell'espirazione. Occorre tener conto che questi incentivi sono finalizzati a ottenere un appropriato picco di flusso espiratorio, e non a prolungare lo sforzo espiratorio [13-15]. Non sono perciò indispensabili e possono essere utilizzati solo nella prima parte dell'addestramento. Dopo che il bambino ha interiorizzato che l'espirazione deve essere a inizio rapido e che l'aria deve essere forzata a uscire con uno sforzo massimo, si richiede di prolungare gradualmente l'espirazione da 1 a 2-3 secondi e poi ad almeno 6 secondi (figura 2 e tabella 1). Per valutare se l'avvio dell'espirazione forzata è avvenuto rapidamente e senza esitazioni si considera la curva MEFV: la manovra è accettabile se il PEFR è ben riconoscibile, con aspetto appuntito e non arrotondato, e se è stato raggiunto entro il primo 30% del volume espirato (figura 1 e 2, tabella 1). Con la spirometria diagnostica di laboratorio è possibile valutare con maggiore precisione l'avvio dell'espirazione [16] (tabella 1).

Occorre assicurarsi che il software dello strumento tenga conto dei criteri di accettabilità e di riproducibilità più importanti e perciò fornisca durante l'esecuzione dell'espirazione forzata o al suo termine dei messaggi esplicativi e incentivanti (tabella 1). È importante che sia nota almeno la durata dell'espirazione

TABELLA 1: LA "QUALITÀ" DELLA SPIROMETRIA. I CRITERI DI ACCETTABILITÀ E DI RIPRODUCIBILITÀ*

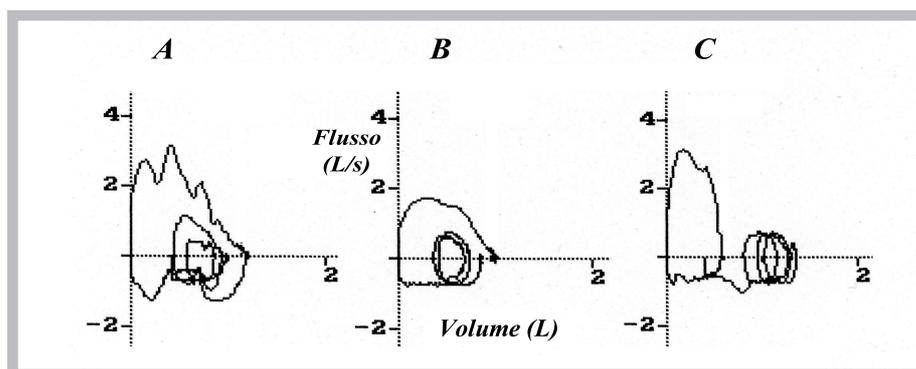
	Primi tentativi e 3-6 anni	Addestramento e 6-8 anni	Ben collaboranti
<i>Inspirio massimo</i>	> volume corrente	Prima IC, poi ICV**	Idem** - Rapido, no apnea
<i>Inizio espirio</i>	PEFR riconoscibile non arrotondato (VER <12.5% CVF**)	Idem rPEFR <120 msec**)	Idem (VER <5% CVF** rPEFR <80 msec**)
Criteri di accettabilità			
<i>Durata espirio</i>	1 sec	2-3 sec	Ameno 6 sec [#]
<i>Artefatti</i>	No	No	No
<i>Numero minimo di curve accettabili</i>	2 (seduta: max 15 min)	2	3
Criteri di riproducibilità	No	10% FEV ₁ (200 ml)	5% FEV ₁ e CVF (100 ml)
Curva migliore***	PEFR maggiore	PEFR e FEV ₁ maggiori	(FEV ₁ + CVF) maggiore

* Sono stati considerati i criteri ATS ed ERS e, per l'età prescolare, si è tenuto conto dell'esperienza personale e dei dati di letteratura; i criteri di accettabilità sono presentati con una gradualità di obiettivi da raggiungere, sulla base della collaborazione del bambino [1-3]. Gli artefatti sono: presenza di tosse, chiusura o semichiusura della glottide, fine anticipata del segnale, sforzo variabile, perdite dal boccaglio o ostruzione del boccaglio con la lingua.

** Sono riportati i criteri di accettabilità ottenibili e verificabili con la spirometria diagnostica di laboratorio. #: nel tracciato volume-tempo deve riconoscersi un plateau di almeno 1 secondo. *** Da questa curva vengono ricavati i valori del PEFR e i parametri di flusso (vedi interpretazione); CPT: capacità polmonare totale; IC: capacità inspiratoria, cioè la massima inspirazione ottenuta a partire dalla fine espirazione del respiro corrente; ICV: capacità vitale inspiratoria, cioè la massima inspirazione ottenuta dopo uno svuotamento massimo; PEFR: picco di flusso espiratorio; rPEFR: ritardo del PEFR; VER: volume di estrapolazione retrograda, cioè il volume estrapolato se l'avvio dell'espirazione avviene con esitazione; FEV₁: volume espiratorio forzato nel primo secondo; CVF: capacità vitale forzata.

forzata e la durata del plateau finale del segnale di volume, che deve essere di almeno 1 secondo (figura 1). Dopo il raggiungimento del PEFR, la curva MEFV deve ridursi gradualmente con un tipico aspetto triangolare: la parte discendente può essere lievemente convessa (lievemente concava nell'adulto sano oltre 50-60 anni) o lineare fino al suo termine (flusso zero), senza una brusca e istantanea caduta del segnale a zero (sforzo interrotto) o oscillazioni (tosse o semichiusura della glottide (figura 2). Altri artefatti sono le perdite dal boccaglio e l'ostruzione del boccaglio da parte della lingua mal posizionata. Occorre assicurarsi che durante l'espirazione forzata il capo non sia piegato in avanti.

Dopo che sono state ottenute almeno 2 curve accettabili occorre verificare che siano stati rispettati i criteri di riproducibilità: due curve accettabili devono essere anche molto simili tra di loro e i due parametri principali, FEV₁ e CVF, non devono variare più di 100-200 ml (tabella 1). Mentre ai primi approcci alla spirometria e nei bambini tra i 4 e 6 anni è indispensabile ottenere almeno due curve accettabili e si rinuncia al criterio della loro riproducibilità, man mano che il bambino inizia a collaborare occorre assicurarsi che due curve accettabili siano anche riproducibili, prima solo per il FEV₁ e poi per entrambi i parametri FEV₁ e CVF (tabella 1). Se non si ottengono due curve riproducibili, occorre aumentare il numero delle curve accettabili, fino a un massimo di 8 curve.

FIGURA 2: CURVE FLUSSO-VOLUME

Sono riportate le curve flusso-volume dell'espirazione forzata (MEFV), prodotte da bambini di 6-7 anni (è indicato anche il flusso inspiratorio prima dell'espirazione forzata e il flusso durante il respiro corrente). In A la curva MEFV presenta ampie oscillazioni del flusso e non è riconoscibile un evidente picco di flusso espiratorio (PEFR): la curva non è accettabile, poiché lo sforzo è stato variabile e non sostenuto nel tempo (almeno 1 secondo). In B la curva MEFV è arrotondata senza un evidente PEFR: anche questa curva non è accettabile, perché l'avvio dello sforzo è avvenuto con esitazione e non è stato massimale. Il PEFR è un indice di sforzo espiratorio: la misura è accettabile se il PEFR è ben riconoscibile, è stato raggiunto rapidamente e il suo valore rientra nel range normale. In C la curva MEFV presenta un PEFR evidente, raggiunto rapidamente, ma lo sforzo è stato sostenuto per un tempo molto breve (< 1 sec): il flusso si riduce a zero istantaneamente, appena all'inizio della fase discendente della curva MEFV.

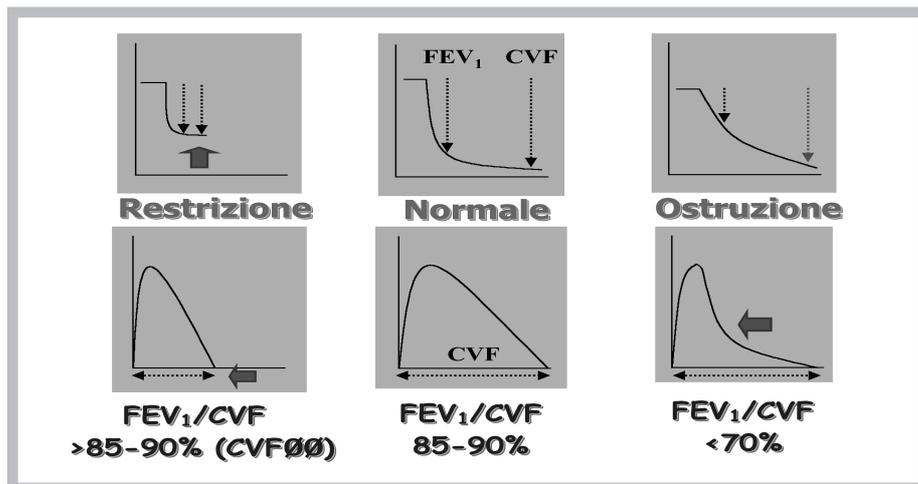
Occorre creare un ambiente familiare con il bambino, puntare sulla sua capacità di eseguire prestazioni rapide, sulla sua facilità a imitare azioni e a competere per raggiungere risultati migliori. La sua capacità di attenzione è però limitata e una seduta non può prolungarsi oltre i 15-20 minuti.

Il pediatra deve essere un abile esecutore della spirometria e dovrà eseguire un adeguato addestramento alla spirometria presso un laboratorio, che ha esperienza nelle misure in età pediatrica. Un modello di addestramento e della sua verifica può essere quello sperimentato dalla Clinica Pediatrica di Padova [8].

Quali parametri valutare?

I parametri, che consentono di interpretare la manovra di capacità vitale forzata, sono due: CVF e FEV₁. Questi due parametri sono influenzati da fattori diversi della meccanica respiratoria: CVF è influenzato prevalentemente dalla forza dei muscoli respiratori e dall'elasticità del sistema respiratorio, mentre FEV₁ è influenzato soprattutto dalla pervietà delle vie aeree [2-3]. Il rapporto FEV₁/CVF consente di sintetizzare in una percentuale quale dei due parametri è prevalentemente ridotto: se prevale la riduzione di CVF, vi sarà una consensua-

FIGURA 3: TRACCIATI VOLUME-TEMPO E CURVE FLUSSO-VOLUME



le riduzione del FEV_1 e il rapporto FEV_1/CVF è $> 90\%$, e ciò identifica un difetto “restrittivo”. Se prevale la riduzione di FEV_1 , il rapporto FEV_1/CVF si riduce in misura proporzionale alla riduzione del FEV_1 e ciò identifica un difetto “ostruttivo”. Il valore medio normale del rapporto FEV_1/CVF varia dopo i 6-7 anni da 85 a 90% ed è abbastanza costante nelle varie fasce di età; il limite inferiore della norma è il 70% (figura 3) [2-3]. Anche le curve MEFV sono molto diverse tra di loro nelle situazioni di normalità, difetto restrittivo e difetto ostruttivo (figura 3). Il confronto della curva MEFV misurata e di quella normale, che possono essere sovrapposte nel report finale della spirometria, consente di apprezzare visivamente se e di quanto sono ridotte le riserve di flusso e le riserve di volume nei due difetti funzionali (figura 3).

Questa lettura semplificata ma molto efficace della spirometria ha due eccezioni. Il PEFR può essere ridotto in rapporto a una ostruzione bronchiale, anche se vi è una riduzione della forza dei muscoli espiratori (malattie neuromuscolari) o un ridotto sforzo espiratorio. Infatti, si guarda al PEFR e alla morfologia iniziale della curva MEFV per valutare se lo sforzo è stato rapido, veloce e massimo. In secondo luogo, in presenza di isolata ostruzione delle piccole vie aeree, il FEV_1 e il PEFR sono normali, perché sono influenzati soprattutto dalla pervietà delle vie aeree centrali. In presenza di ostruzione delle vie aeree periferiche la curva MEFV è ridotta solo nel suo 20-30% finale: il parametro che si altera in questa situazione è il flusso espiratorio forzato compreso tra il 25% e il 75% di CVF, cioè il FEF_{25-75} (o MMEF). La riduzione del FEF_{25-75} è l'alterazione più precoce di alcune malattie, come la fibrosi cistica o la broncopatia cronica ostruttiva dell'adulto. Ma può rappresentare anche l'unica alterazione funzionale dell'asma, che può risolvere dopo una terapia steroidea per via inalatoria e ricomparire alla sospensione di questa terapia [17-19]. È ancora attuale e irrisolto il quesito: che significato ha questa alterazione isolata per il bambino con asma che domani diventa adulto?

Sono riportati in alto i traccianti volume-tempo e in basso le curve flusso-volume dell'espirazione forzata (MEFV). Nel soggetto normale, nel primo secondo viene espulso circa l'85-90% della capacità vitale forzata (CVF) e la curva MEFV ha un tipico aspetto triangolare. In presenza di ostruzione delle vie aeree, il volume espirato nel primo secondo (FEV_1) è ridotto, mentre CVF è normale o quasi: il rapporto FEV_1/CVF è perciò inferiore al 70%. La curva MEFV ha un aspetto “a morso di mela”, che indica la riduzione delle riserve di flusso. Quando prevale la riduzione di forza dei muscoli respiratori (malattie neuro-muscolari) o la riduzione dell'elasticità polmonare (fibrosi interstiziale) o vi è un importante versamento pleurico, vi è una riduzione prevalente di CVF. In questo caso CVF è ridotto rispetto ai valori normali, ma il rapporto FEV_1/CVF è normale o superiore all'85-90%: la curva MEFV ha un aspetto “schiacciato”, riflettendo la riduzione delle riserve di volume, mentre il profilo dei flussi è triangolare e perciò normale.

La responsività al broncodilatatore (BD) è un test spirometrico molto semplice e di grande significato. Consiste in: a) spirometria in condizioni basali, cioè a distanza di almeno 8 ore da un BD “short-acting” e di almeno 12 ore da un BD “long-acting”; b) inalazione di BD “short-acting” spray con una camera di riserva (per esempio salbutamolo spray, 200 microgrammi); c) dopo 10-15 minuti ripetizione di un'altra spirometria. La risposta al BD è valutata considerando il FEV_1 : un incremento del suo valore assoluto maggiore di 200 ml o del 12% rispetto al valore basale (FEV_1 dopo BD - FEV_1 basale/ FEV_1 basale x 100) indica una bronco-ostruzione reversibile, compatibile con una diagnosi di asma [2-3-19]. Si può registrare un aumento anche degli altri parametri, come CVF e FEF_{25-75} : l'incremento significativo di quest'ultimo parametro, molto sensibile ma anche molto variabile, deve essere superiore al 35% rispetto al valore basale [2-3].

Il FEV_1 può essere utilizzato anche per misurare la perdita di funzione a causa di uno stimolo asmogeno come la corsa. Questo test è fattibile in ambulatorio con l'accortezza di avere un BD a disposizione nel caso di insorgenza di asma. Si esegue una spirometria basale, in assenza di farmaci BD nelle 8-12 ore precedenti. In un corridoio, su un percorso piano stabilito, si fa correre il bambino per 6 minuti: per assicurarsi dell'entità dello sforzo al termine della corsa la frequenza cardiaca deve essere superiore a 170 bpm. Si ese-

gue la spirometria dopo 3, 5, 7, 10 e 15 minuti dal termine dello sforzo: in presenza di asma da sforzo si verifica, entro i primi 15 minuti dal termine della corsa, una riduzione del $FEV_1 > 10\%$. Nel caso di riduzione significativa del FEV_1 e/o di sintomi si fa inalare un BD, valutandone con la spirometria l'effetto. Il test con corsa libera può essere ricontrattato nel tempo dopo una premedicazione (per esempio salbutamolo) oppure dopo una terapia di fondo prolungata dell'asma. Nelle ripetizioni del test occorre assicurarsi che esso venga eseguito sempre sullo stesso percorso e possibilmente alla stessa ora e nella stessa stagione (pollini, temperatura atmosferica) [2-3].

L'interpretazione della spirometria: la normalità

Abbiamo a disposizione molte serie di valori normali della spirometria in età pediatrica [21-23]. Questi sono abbastanza discordanti tra di loro nella fascia di età più precoce, tra i 5 e i 7 anni, e nell'adolescenza, tra i 14 e i 18 anni. Questa discordanza è da ricondurre alla scarsa numerosità del campione indagato in queste due fasce di età. Per tale ragione diventa anche impreciso accordare i valori normali in età pediatrica con quelli dell'età adulta: l'unica eccezione è data dagli Autori, che presentano dei valori di normalità, che comprendono sia l'età pediatrica che quella adulta, che sono da preferire [24-25].

La scelta dei teorici normali deve tener

conto delle caratteristiche etniche e antropometriche dei soggetti che saranno oggetto della misura. Le formule di regressione per i valori normali della spirometria devono includere, oltre al sesso e l'altezza, anche l'età: questo è importante, specie per l'adolescenza, che è caratterizzata da una discrepanza tra la crescita in statura e quella dei polmoni (in una prima fase crescono di più gli arti rispetto al tronco) e per le situazioni patologiche di crescita staturale. Quasi tutti i teorici normali sono stati ricavati con studi trasversali, componendo i valori ottenuti in soggetti diversi alle diverse età. Solo i teorici di Hibbert et al. sono stati ricavati con metodo longitudinale su due coorti di una popolazione australiana, che hanno eseguito la spirometria rispettivamente durante l'età pediatrica e quella adolescenziale [26].

La scelta dei teorici normali è il migliore compromesso tra tutti gli aspetti indicati. Coerentemente ci sentiamo di suggerire quelli di Knudson et al., che sono stati ampiamente utilizzati anche a scopi di ricerca epidemiologica, includendo sia l'età pediatrica che quella adolescenziale e adulta [24]. Un'alternativa per la sola età pediatrica sono quelli di Quanjer et al. [23]. I valori misurati devono essere espressi in % rispetto ai valori normali (o % rispetto al predetto) per lo stesso sesso, statura ed età (% predetto = valore misurato/valore normale x 100). Come per le variabili ausometriche, anche per i valori spirometrici normali occorre considerare come limiti della norma le ± 2 deviazioni standard: per i volumi, come CV, CVF e FEV₁ i limiti inferiori della norma corrispondono all'80% del valore predetto; per i parametri di flusso, che sono più variabili, i limiti inferiori della norma corrispondono a circa il 65% del valore predetto. Definire la normalità di una misura non implica solo il confronto con i teorici normali. Nella pratica clinica è altrettanto importante fare riferimento alla "normalità" del singolo soggetto, che può essere raggiunta dopo una terapia, per esempio l'inalazione di un BD o un trattamento steroideo per 2-3 settimane o un trattamento antibiotico della stessa durata. Il "best" raggiunto dopo una terapia è la vera "normalità" per quel soggetto in quel momento. Il

"best" può variare nel tempo in senso migliorativo o anche in senso peggiorativo nelle malattie evolutive. Un evento acuto (per esempio un accesso asmatico o una infezione acuta), che il pediatra diagnostica e tratta con una terapia, implica una "perdita" di funzione polmonare, che può essere quantificata con la spirometria. La risposta alla terapia impostata può essere anche verificata con la spirometria: la terapia è stata efficace se ha riportato i valori al "best" precedente. Il pediatra dovrà preoccuparsi del bambino che ha eventi acuti con rilevanti "perdite" di funzione polmonare, "guadagni" non ottimali e un "best" distante dalla "normalità"; viceversa modula una terapia di mantenimento diversa in una malattia più "stabile", caratterizzata da "perdite" modeste, "guadagni" completi e un "best" completamente normale.

La spirometria in ambulatorio

La disponibilità di spirometri portatili e di semplice impiego e i limiti nella misura domiciliare del PEF_R spingono a una maggiore diffusione della spirometria nella realtà ambulatoriale [8-19]. Ciò può anche offrire una possibilità di una interrelazione più efficace tra pediatra di famiglia e specialista ospedaliero.

L'asma rappresenta l'ambito di più frequente applicazione della spirometria in ambulatorio. Per quanto riguarda la diagnosi di questa malattia, la spirometria consente di quantificare la responsività al BD: l'asma è infatti caratterizzato da una ostruzione bronchiale variabile nel tempo e reversibile in rapporto alla terapia [19-27]. La spirometria è anche utile per l'inquadramento e il trattamento dell'asma. Una evidente e importante reversibilità della bronco-ostruzione è indicativa di "instabilità" e in genere è parallela al rilievo di perdite importanti di funzione polmonare con gli accessi asmatici acuti: ciò implica la necessità di una terapia di fondo anche prolungata e con più farmaci per ridurre la bronco-irritabilità [27]. Il rilievo invece di un accesso asmatico con risposta modesta al BD informa che i processi infiammatori sono prevalenti e importanti e che è necessario utilizzare una terapia steroidea per via generale [27-28]. La spirometria serve poi a classificare la severità dell'asma

cronico: secondo le linee guida NHLBI, nell'asma lieve il FEV₁ "best" è > 80% predetto, nell'asma moderato persistente il FEV₁ "best" è compreso tra il 60 e l'80% predetto, mentre nell'asma severo persistente il FEV₁ "best" è < 60% predetto [27]. Nel caso di normalità del FEV₁ è utile valorizzare il valore e la variazione dopo BD del FEF₂₅₋₇₅ [17, 18]. FEV₁ o PEF_R sono utilizzati anche per classificare la gravità di un accesso asmatico: nell'accesso lieve il FEV₁ è > 80% rispetto al "best", nell'accesso di grado moderato è compreso tra il 50 e l'80% del "best", nell'accesso grave è < 50% del "best" [27]. La spirometria consente perciò di quantificare le dimensioni funzionali dell'asma, cioè la perdita e il guadagno di funzione respiratoria nel breve e lungo periodo, contribuendo a ottimizzare il trattamento di fondo dell'asma [19-27-29-30]. Va verificato se l'impiego della spirometria in ambulatorio produca, come atteso, questo vantaggio.

Non è da trascurare il significato prognostico della spirometria: un valore di FEV₁ < 60% predetto implica un'alta probabilità di avere un accesso asmatico nei mesi successivi [31]. È noto inoltre che una riduzione del FEV₁ % predetto e la presenza di sintomi asmatici persistenti in età precoce, per esempio tra i 7 e 10 anni, si associano a persistenza di asma e di bronco-ostruzione nell'età adulta [32-36]. La spirometria consente inoltre di valutare l'entità dell'asma da sforzo e l'efficacia della terapia per il suo controllo. Tutti questi aspetti valutativi sono molto utili ma devono sempre essere considerati insieme ai sintomi, alla loro frequenza e alla loro entità, e ad altri indici, come per esempio la presenza di atopie, i segni diretti o indiretti di infiammazione delle vie aeree, il contesto familiare, l'età del bambino e tutti gli altri fattori che entrano in gioco per contribuire alla variabilità fenotipica della malattia [27].

Oltre che nell'asma, la spirometria può essere utile anche in altre situazioni. In presenza di tosse cronica o altri sintomi di difficile inquadramento o di frequente morbilità respiratoria e in assenza di una diagnosi precisa, la spirometria può evidenziare una bronco-ostruzione. La reversibilità della bronco-ostruzione

dopo inalazione con BD è indicativa di asma [27]. Nel caso di una risposta dubbia o assente al BD o a una terapia anti-asmatica prolungata occorre considerare diagnosi alternative, organizzando un inquadramento complessivo, che includa almeno una radiografia del torace (eventualmente una TAC del torace ad alta risoluzione), un profilo di primo livello delle difese immunitarie e un test del sudore [27]. Altre indagini complementari sono indispensabili nell'ipotesi di una malformazione polmonare, di fibrosi cistica o di altre cause di polmone suppurativo [37]. Il test con corsa libera può dare supporto all'inquadramento di situazioni dubbie: nel caso di asma si può documentare una evidente riduzione del FEV₁ subito dopo lo sforzo; nel caso di diagnosi alternative il FEV₁ non si riduce dopo lo sforzo ma può aumentare durante lo sforzo [38]. I bambini ex-prematuri, specie se con grave prematurità, con o senza displasia broncopolmonare, i bambini con esiti di intervento chirurgico toracico o addominale, i bambini trattati per neoplasie con chemioterapici e/o radioterapia meritano un follow-up della funzione polmonare, per cogliere difetti di funzione ostruttivi o restrittivi che possono prolungarsi oltre l'età pediatrica [39-40]. Una misura spirometrica nel bambino obeso può documentare un difetto restrittivo, legato alla scarsa dinamica diaframmatica in rapporto all'abbondante tessuto adiposo addominale: ciò può rappresentare un ulteriore elemento per convincere bambino e famiglia dell'importanza di perdere peso.

Oggi si vanno raccogliendo dati sull'effetto negativo degli inquinanti ambientali sulla salute dei bambini [41-42]. La maggiore morbilità respiratoria e l'effetto degli inquinanti sulla funzione polmonare potrebbero rappresentare l'oggetto di una ricerca collaborativa tra i pediatri di famiglia operanti in un'area più o meno estesa, per documentare in modo preciso quanto è temuto ma ancora assai poco documentato. L'uso di strumenti di monitoraggio validati, come la spirometria, consente, a nostro parere, di rendere più efficiente l'attività professionale del pediatra di famiglia, rivolta sia al singolo affetto da patologia respiratoria cronica sia alla prevenzione delle malattie respiratorie in età pediatrica. ♦

Bibliografia

- (1) Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Series "ATS/ERS Task Force: Standardisation of lung function testing". In: Brusasco V, Crapo R, Viegi G (eds). Number 2. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005; 26:319-38.
- (2) Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Series "ATS/ERS Task Force: Standardisation of lung function testing". In: Brusasco V, Crapo R, Viegi G (eds). Number 5. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005;26:948-68.
- (3) American Thoracic Society. Standardization of spirometry – 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1107-36.
- (4) Eigen H, Bieler H, Grant D, et al. Spirometric pulmonary function in healthy preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:619-23.
- (5) Nystad W, Samuelsen SO, Nafstad P, et al. Feasibility of measuring lung function in preschool children. *Thorax* 2002;57:1021-7.
- (6) Zapletal A, Chalupova J. Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3-6 years of age). *Pediatr Pulmonol* 2003;35:200-7.
- (7) ATS/ERS Statement: Raised volume forced expirations in infants. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 172:1463-71.
- (8) Zanconato S, Meneghelli G, Braga R, et al. Office spirometry in primary care pediatrics: a pilot study. *Pediatrics* 2005;116:792-7.
- (9) Ferguson GT, Enright PL, Buist AS, Higgins MW. Office spirometry for lung health assessment in adults: a consensus statement from the National Lung Health Education Program. *Chest* 2000; 117:1146-61.
- (10) Jain P, Kavaru MS, Emerman CL, Ahmad M. Utility of peak expiratory flow monitoring. *Chest* 1998;114:861-76.
- (11) Mortimer KM, Fallot A, Balmes JR, Tager IB. Evaluating the use of a portable spirometer in a study of pediatric asthma. *Chest* 2003;123:1899-907.
- (12) Braggion C, Pradal U, Mastella G, et al. Effect of different inspiratory maneuvers on FEV₁ in patients with cystic fibrosis. *Chest* 1996;110:642-7.
- (13) Kozłowska WJ, Aurora P. Spirometry in the preschool age group. *Paediatr Respir Rev* 2005;6:267-72.
- (14) Gracchi V, Boel M, van der Laag J, van der Ent CK. Spirometry in young children: should computer-animation programs be used during testing? *Eur Respir J* 2003;21:872-5.
- (15) Vilozni D, Barker M, Jellouschek H, et al. An interactive computer-animated system (SpiroGame) facilitates spirometry in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:2200-5.
- (16) Aurora P, Stocks J, Oliver C, et al. On the behalf of the London Cystic Fibrosis Collaboration. Quality control for spirometry in preschool children with and without lung disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;169:1152-9.
- (17) Lebecque P, Kiakulanda P, Coates AL. Spirometry in the asthmatic child: is FEF₂₅₋₇₅ a more sensitive test than FEV₁/FVC? *Pediatr Pulmonol* 1993;16:19-22.
- (18) Klein RB, Fritz GK, Young A, et al. Spirometric patterns in childhood asthma: peak flow compared with other indices. *Pediatr Pulmonol* 1995;20:372-9.
- (19) Spahn JD, Bradley E, Chipps BE. Office-based objective measures in childhood asthma. *J Pediatr* 2006;148:11-5.
- (20) Leith DE, Butler JP, Sneddon SL, Brain JD. Cough (315-336). In: Fishman AP (ed). *Handbook of Physiology*. Section 3: The Respiratory system. Volume III, Mechanics of Breathing, part 1. Bethesda, Maryland: American Physiology Society, 1986.
- (21) Polgar G, Promadhat V (eds). *Pulmonary function testing in children. Techniques and standards*. W.B. Saunders, 1971.
- (22) Quanjer PH, Borsboom GJJM, Brunckreef B, et al. Spirometric reference values for white European children and adolescents: Polgar revisited. *Pediatr Pulmonol* 1995;19:135-42.
- (23) Quanjer PH, Stocks J, Polgar G, et al. Compilation of reference values for lung function measurements in children. *Eur Respir J* 1989;1 (Suppl 4) 184S-261S.
- (24) Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:725-34.
- (25) Paoletti P, Pistelli G, Fazzi P, et al. Reference values for vital capacity and flow-volume curves from a general population study. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1986;22:451-9.
- (26) Hibbert ME, Lammigan A, Landau LI, Phelan PD. Lung function values from a longitudinal study of healthy children and adolescents. *Pediatr Pulmonol* 1989;7:101-9.
- (27) National Institute of Health. National Heart Lung and Blood Institute. National asthma education and prevention program: executive summary of the NAEPP expert panel report. Guidelines for the diagnosis and management of asthma – update and selected topics 2002. NIH Publication No. 02-5075. June 2002.
- (28) Linna O. Spirometry, bronchodilator test or symptom scoring for the assessment of childhood asthma. *Acta Paediatr* 1996;85:564-69.
- (29) Nair SJ, Daigle KL, DeCur P, et al. The influence of pulmonary function testing on the management of asthma in children. *J Pediatr* 2005;147:797-801.
- (30) Bye MR, Kerstein D, Barsh E. The importance of spirometry in the assessment of childhood asthma. *Am J Dis Child* 1992;146:977-8.
- (31) Fuhlbrigge AL, Kitch BT, Paltiel AD, et al. FEV₁ is associated with risk of asthma attacks in a pediatric population. *J Allergy Clin Immunol* 2001;107:61-7.
- (32) Phelan PD, Robertson CF, Olinsky A. The Melbourne Asthma Study: 1964-1999. *J Allergy Clin Immunol* 2002;109:189-94.
- (33) Sears MR, Greene JM, Willan AR, et al. A longitudinal population-based cohort of childhood asthma followed to adulthood. *N Engl J Med* 2003;349:1414-22.
- (34) Martinez FD, Wright AL, Taussig LM, et al. Asthma and wheezing in the first six years of life: the Group Health Associates. *N Engl J Med* 1995; 332:133-8.
- (35) Taussig LM, Wright AL, Holberg CJ, et al. Tucson Children's Respiratory Study 1980 to present. *J Allergy Clin Immunol* 2003;111:661-75.
- (36) Toelle BG, Xuan W, Peat JK, Marks GB. Childhood factors that predict asthma in young adulthood. *Eur Respir J* 2004;23:66-70.
- (37) Braggion C, Pradal U, Delmarco A, Carli M. Il bambino con tosse cronica e bronchiectasie: inquadramento e proposte terapeutiche. *Medico e Bambino* 2003;22:371-80.
- (38) Godfrey S, Springer C, Novinski N, et al. Exercise but not methacholine differentiates asthma from chronic lung disease in children. *Thorax* 1991;46:488-92.
- (39) Eber E, Zach MS. Longterm sequelae of bronchopulmonary dysplasia (chronic lung disease of infancy). *Thorax* 2001;56:317-23.
- (40) Cerveri I, Zoia MC, Fulgoni P, et al. Late pulmonary sequelae after childhood bone marrow. *Thorax* 1999;54:131-5.
- (41) Kulkarni N, Pierser N, Rushton L, Grigg J. Carbon in airway macrophages and lung function in children. *N Engl J Med* 2006;355:21-30.
- (42) Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 2004;351:1057-67.