

Lettura della curva spirometrica in Pediatria

La spirometria è un test non invasivo che valuta la funzionalità respiratoria attraverso la misurazione di flussi e volumi polmonari in pazienti collaboranti. Questo accertamento, di semplice esecuzione, fornisce informazioni cruciali e permette di orientare il clinico verso specifiche diagnosi.

Beatrice Andrenacci¹, Amelia Licari², Gian Luigi Marseglia²

¹ Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico di Milano, S.C. Pediatria Pneumoinfettivologia

² Dipartimento di Scienze Clinico-Chirurgiche, Diagnostiche e Pediatriche, Università degli Studi di Pavia, Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, Pavia

ABSTRACT

Spirometry is a non-invasive test that assesses respiratory function by measuring lung volumes and flow rates in cooperative patients. It is useful for diagnosing and monitoring of chronic respiratory diseases and for assessing treatment responses. By evaluating the morphology of flow-volume curves, spirometry can also provide crucial information, to guide clinicians towards specific diagnoses "at a glance".

ABSTRACT

La spirometria è un test non invasivo che valuta la funzionalità respiratoria attraverso la misurazione di flussi e volumi polmonari in pazienti collaboranti. Utile per diagnosticare e monitorare malattie respiratorie croniche e risposte a trattamenti, la spirometria fornisce informazioni cruciali anche alla sola valutazione morfologica delle curve flusso-volume, potendo

orientare il clinico verso specifiche diagnosi "a colpo d'occhio".

La spirometria è un test di funzionalità respiratoria che permette di misurare flussi e volumi polmonari dopo manovre di espirazione e inspirazione forzata, producendo corrispondenti curve flusso/volume e volume/tempo (1). Tale metodica, non invasiva e altamente informativa, trova numerose applicazioni, a fronte di poche controindicazioni e della necessità di compliance da parte del paziente, il che limita la sua applicabilità in Pediatria a partire dai 5-6 anni di età (1). La procedura corretta prevede che il paziente, dotato di molletta stringinaso e debitamente istruito e incentivato dall'operatore, esegua attraverso un boccaglio alcuni atti respiratori in eupnea, seguiti da un'inspirazione forzata fino al raggiungimento della capacità polmonare totale (TLC), ovvero il massimo volume d'aria contenibile nei polmoni. Successiva-

mente, deve effettuare un'espiazione forzata massimale quanto più possibile esplosiva, rapida e prolungata (almeno 3 secondi nei bambini in età scolare e almeno 6 secondi negli adolescenti) fino al raggiungimento del volume residuo (RV), ovvero il minimo volume d'aria presente nei polmoni. La manovra si conclude infine con un'ulteriore inspirazione forzata (2). La spirometria così eseguita permette di monitorare longitudinalmente e in modo oggettivo le traiettorie di funzionalità respiratoria in pazienti con pneumopatie croniche, di documentare la risposta a terapie inalatorie e di valutare il coinvolgimento respiratorio in caso di patologie sistemiche o di terapie potenzialmente pneumotossiche (3).

Nella pratica clinica, i parametri di flusso e volume più frequentemente analizzati includono:

- **Picco di flusso espiratorio (PEF):** rappresenta il flusso massimo nei primi 100-200 millisecondi dell'espiazione forzata. Un PEF ridotto (inferiore all'80% del valore predetto per età, etnia, sesso e altezza, o espresso come z-score < -1,645 (1) è indicativo di forza espiratorio submassimale, talora patologico, talora secondario a ridotta collaborazione del paziente e quindi indicativo di bassa qualità della prova spirometrica.
- **Flusso espiratorio forzato al primo secondo (FEV1):** indica il volume d'aria espirato nel primo secondo di un'espiazione forzata. È patologico per valori <80% del predetto o z-score < -1,645 (1)
- **Capacità vitale forzata (FVC):** corrisponde al massimo volume d'aria espirato forzatamente dopo un'inspirazione completa. È alterata per valori <80% del predetto o z-score < -1,645 (1)
- **Indice di Tiffenau (FEV1/FVC):** rapporto tra FEV1 e FVC, utile per distinguere i vari tipi di deficit ventilatori. È patologico per valori <80% o z-score < -1,645 (1)
- **Flusso espiratorio forzato tra il 25% e il 75% della FVC (FEF25/75):** riflette lo stato delle piccole vie aeree e tende ad alterarsi precocemente in presenza di esposizione a sostanze nocive come fumo, inquinanti o allergeni. È patologico per valori <70% del predetto o z-score < -1,645 (1)

La combinazione di tali parametri permette di distinguere tre principali categorie funzionali: i *deficit*

ventilatori ostruttivi, in cui si assiste principalmente a una riduzione di flusso e quindi di FEV1, con FVC normale o lievemente ridotta e un IT ridotto; i *deficit ventilatori restrittivi*, in cui si verifica un'armonica riduzione sia di FEV1 che di FVC, con IT conseguentemente normale o aumentato; e i deficit ventilatori misti, dove si assiste a una riduzione marcata sia di FVC che di FEV1 che di IT, associate a una riduzione marcata di TLC.

In aggiunta alle misurazioni di flussi e volumi, la stessa morfologia delle curve flusso/volume permette spesso, già solo "a colpo d'occhio", di localizzare con rapidità e precisione la sede coinvolta da patologia: dalle alte vie aeree, ai bronchi, fino alle sedi più distali dell'albero bronchiale (le cosiddette "piccole vie aeree") fino alle patologie che coinvolgono il parenchima polmonare o la gabbia toracica, comprendendo qualunque affezione intercorra lungo il percorso di trasmissione nervosa dal sistema nervoso centrale ai muscoli respiratori (3).

Fa seguito a scopo esemplificativo un compendio per immagini, tratte dalla casistica personale della Pneumologia Pediatrica della Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico di Milano e dell'Allergologia e Pneumologia Pediatrica dell'IRCCS Policlinico San Matteo di Pavia.

SPIROMETRIA NORMALE CON TEST DI BRONCODILATAZIONE POSITIVO

La Figura 1 mostra una spirometria basale correttamente eseguita (curva blu), con parametri basali di norma (FEV1 pre 91%, FVC pre 91%, IT pre 89,7%). Tuttavia, dopo somministrazione di 400 mcg di salbutamolo inalatorio si assiste a un aumento significativo del FEV1 (curva rossa), diagnostico per asma bronchiale. Pertanto, in Pediatria è bene non limitarsi all'esecuzione della sola curva basale (che risulta spesso normale), ma completare sempre l'esame con test di broncodilatazione, soprattutto in presenza di clinica compatibile. Anche se nuove definizioni sono attualmente oggetto di discussione in letteratura (4), il test di broncodilatazione è attualmente considerato positivo in caso di aumenti del FEV1 >+12% o >+200 ml dopo circa 15 minuti dalla somministrazione di 400 mcg di salbutamolo inalatorio (5).

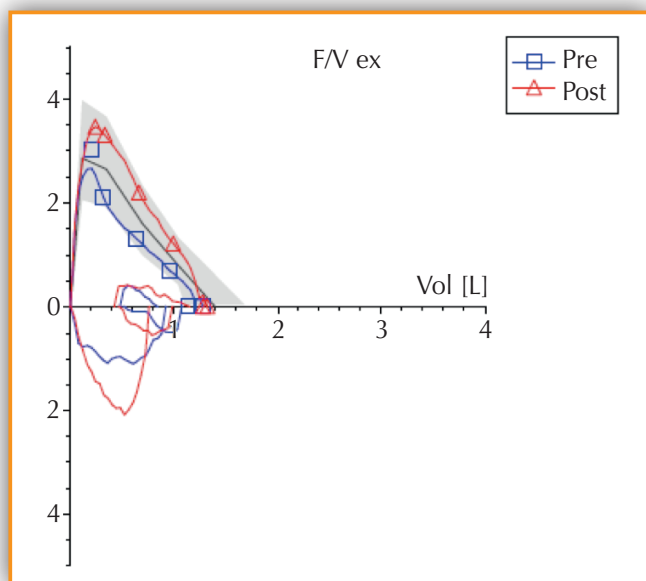


Figura 1

DEFICIT VENTILATORIO OSTRUTTIVO

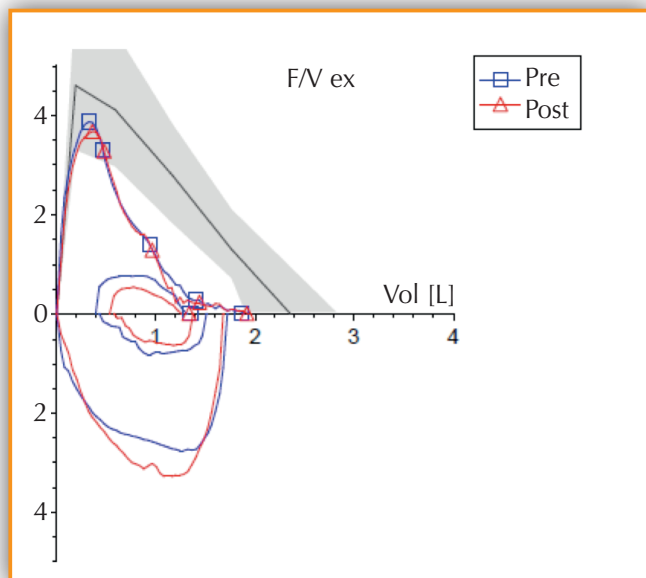


Figura 2

La Figura 2 mostra un deficit ventilatorio ostruttivo (FEV1 pre 65%, FVC pre 79%, IT pre 72,38%). In figura è possibile apprezzare la classica morfologia concava (“scucchiata”) della curva flusso/volume in fase espiratoria. Da notare che, diversamente dalla figura precedente,

non si assiste a un miglioramento del FEV1 dopo broncodilatazione farmacologica (curva rossa sovrapponibile alla curva blu), il che suggerisce un’ostruzione di lunga data a carico delle vie aeree, ormai irreversibile dopo anni di infiammazione e rimodellamento.

Una morfologia concava della fase espiratoria della curva flusso/volume deve indurre a sospettare ostruzioni al flusso d’aria, che possono essere secondarie a patologie intrinseche dei bronchi (quali asma bronchiale, fibrosi cistica, discinesia ciliare primitiva, bronchiectasie) o a fenomeni di compressione bronchiale ab extrinseco.

DEFICIT VENTILATORIO RESTRITTIVO

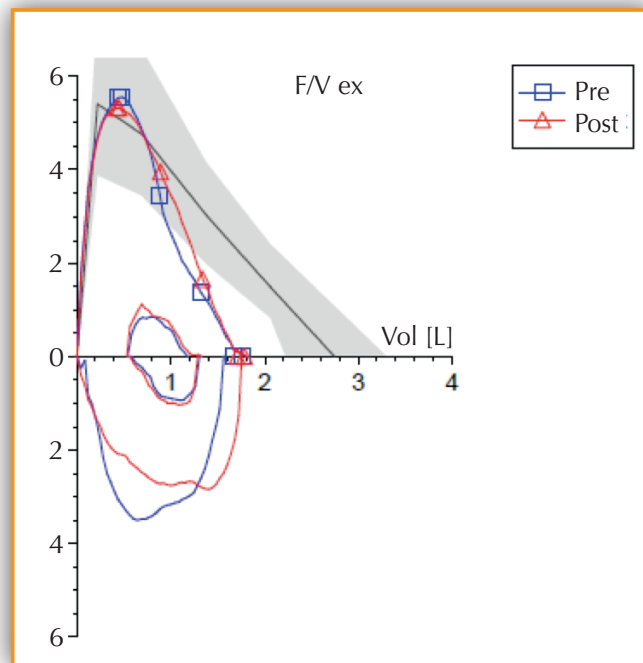


Figura 3

La Figura 3 mostra un deficit ventilatorio restrittivo, in cui si assiste a una riduzione della quantità d’aria che può essere ventilata (FEV1 pre 56%, FVC 52%, IT pre 96,7%). In presenza di deficit restrittivo, la curva flusso/volume (curva blu) è tipicamente più ridotta e meno ampia rispetto al predetto (area grigia), sia in fase inspiratoria che in fase espiratoria. Deficit restrittivi possono essere documentati in caso di interstiziopatie, connettiviti, patologie ossee, patologie neuro-muscolari, versamento pleurico, masse intratoraciche o interventi di chirurgia

toracica. In presenza di restrizione, è necessaria una conferma diagnostica con indagini di secondo livello, quali la pletismografia, lo studio della diffusione alveolo-capillare del monossido di carbonio ed eventualmente la TAC del torace.

DEFICIT VENTILATORIO MISTO

I deficit ventilatori misti spesso si configurano come forme avanzate e complicate di patologie in origine restrittive o ostruttive, quali interstiziopatie, immunodeficit, malformazioni toraco-polmonari, bronchiolite obliterante, forme avanzate di fibrosi cistica o atresia esofagea.

INCISURA NELLA CURVA ESPIRATORIA

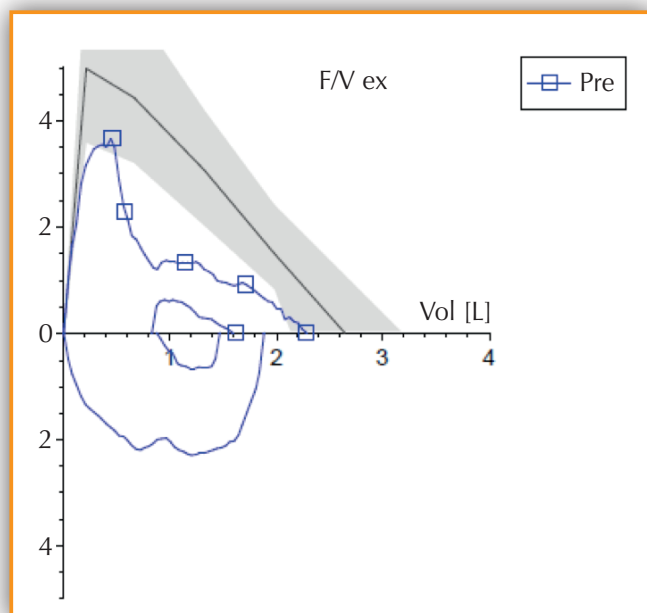


Figura 4

La Figura 4 mostra una profonda incisura della curva espiratoria. Tale quadro morfologico, che può essere più o meno marcato, è fortemente suggestivo per tracheomalacia, e richiede uno studio morfologico delle alte vie aeree in presenza di clinica compatibile.

OSTRUZIONE INTRATORACICA

La Figura 5 si caratterizza per la morfologia tronca della curva flusso/volume nella sola fase espiratoria, un reperto suggestivo per ostruzione intratoracica. In presenza di ostruzione intratoracica, la riduzione della pressione

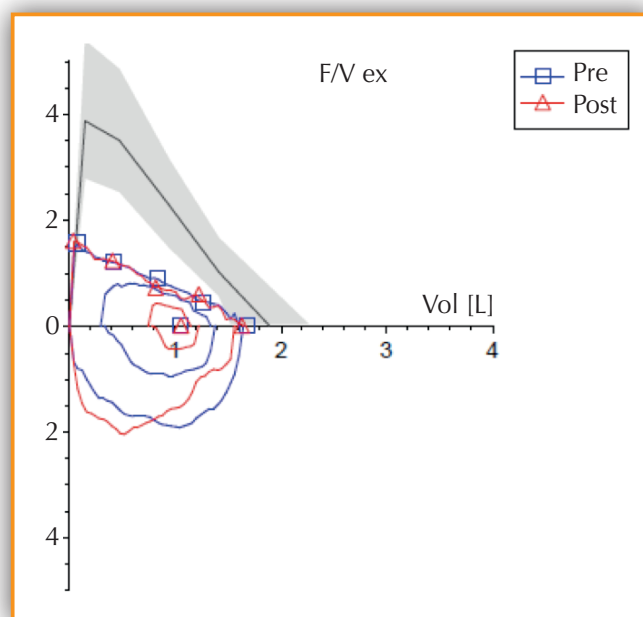


Figura 5

intratoracica rispetto a quella pleurica durante l'espiazione forzata determina un ulteriore restringimento del calibro delle vie aeree, aggravando l'ostruzione e causando pertanto l'appiattimento della curva espiratoria. Al contrario, durante l'inspirazione forzata, l'aumento della pressione intratoracica rispetto a quella pleurica favorisce la risoluzione dell'ostruzione, con conseguente morfologia normale della curva inspiratoria. Tale quadro spirometrico si può apprezzare in presenza di malacia della trachea intratoracica, talora secondariamente ad anelli vascolari.

OSTRUZIONE EXTRATORACICA

La Figura 6 mostra un appiattimento della fase inspiratoria della curva flusso/volume, come nei casi di ostruzione extratoracica variabile. Un esempio tipico è rappresentato dalla *vocal cord dysfunction*: in tali pazienti, la riduzione della pressione delle vie aeree rispetto alla pressione atmosferica durante l'inspirazione forzata riduce il diametro delle vie aeree, aumentando l'ostruzione inspiratoria e appiattendolo la curva spirometrica in fase inspiratoria. All'opposto, durante l'espiazione forzata la pressione delle vie aeree aumenta rispetto alla pressione atmosferica, con risoluzione dell'ostruzione e normalità della curva spirometrica in fase espiratoria.

All'opposto, nei casi di ostruzione extratoracica fissa

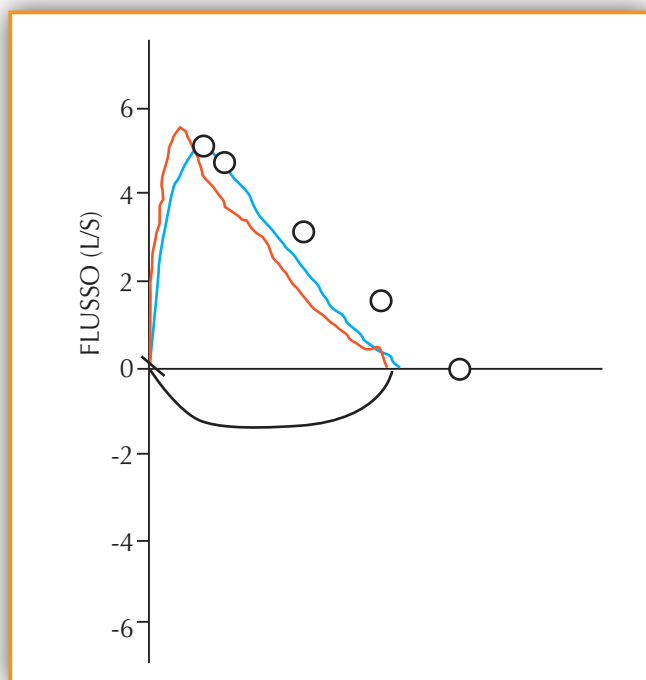


Figura 6

(a causa, ad esempio, di inalazione di corpo estraneo, web laringeo o stenosi da pregressa intubazione endotracheale), l'ostruzione non varia né con l'inspirazione, né con l'espiazione: pertanto, la curva spirometrica sarà appiattita sia in fase inspiratoria che in fase espiratoria. È importante ricordare che qualunque parametro e dato morfologico estrapolabile dalla spirometria deve sempre essere interpretato alla luce dei dati clinici e dell'anam-

nesi del paziente, dopo aver verificato la corretta esecuzione della prova e l'accettabilità delle curve secondo i criteri dell'*European Respiratory Society/American Respiratory Society* (1).

Bibliografia

1. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, Cooper BG, Culver B, Derom E, Hall GL, Hallstrand TS, Leuppi JD, MacIntyre N, McCormack M, Rosenfeld M, Swenson ER. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J.* 2022 Jul 13;60(1):2101499
2. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019;200(8): e70-e88.
3. Erratum: "Spirometry: step by step";. V.C. Moore. *Breathe* 2012; 8: 232-240. *Breathe* (Sheff). 2022 Sep;18(3):115217
4. Amorim BMP, Narciso M, Marinho A. Impact of the 2021 ATS/ERS update criteria on the bronchodilator responsiveness test result. *Eur Respir J.* 2023;62(suppl 67):PA3979
5. Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention. 2024. Available from: <https://ginasthma.org/2024-report>