

Funzionalità polmonare in età prescolare

Lung function in preschool children

Paola Di Filippo *

*** CORRISPONDENZA:**

difilippopaola@libero.it

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7336-4292>

DOI

10.63304/PneumolPediatr.2025.08

Centro di Pneumologia Pediatrica,
Università di Chieti, Chieti, Italia

I test di funzionalità polmonare rappresentano una misura oggettiva della salute polmonare e una ridotta funzionalità polmonare in età prescolare è predittiva dello sviluppo di malattie polmonari, incluso l'asma persistente (1, 2). Misurazioni affidabili della funzionalità polmonare sono difficili da ottenere in questa fascia d'età (3), ma negli ultimi anni sono stati sviluppati test più idonei all'età prescolare (2). Le tecniche più frequentemente utilizzate in questa fascia di età sono la spirometria e la misurazione della resistenza e della reattanza respiratoria con l'oscillometria a impulsi (IOS) (1, 2), mentre la pletismografia e il Multiple Breath Washout (MBW, test per misurare l'indice di clearance polmonare LCI), sono utilizzati in pochi centri specializzati (2, 3).

Tra i test di funzionalità polmonare utilizzabili in età prescolare, il test spirometrico è il più comunemente utilizzato e il più ampiamente disponibile. Il tasso di successo aumenta con l'età, con valori pari a 82-85% nei bambini tra 4 e 6 anni (2). Nonostante le difficoltà di esecuzione della espirazione forzata, i dati attuali supportano l'uso clinico della spirometria anche in età prescolare, soprattutto a partire dai 4 anni. La difficoltà di espirare per più di 1 secondo ha suggerito che parametri quali il volume espiratorio forzato in 0,5 e 0,75 secondi e gli indici delle vie aeree più periferiche (per esempio il flusso espiratorio forzato al 50% e al 25-75% della FVC) siano più adatti a questa fascia d'età. Tuttavia, alcuni di questi parametri sono molto variabili perché sforzo-dipendenti e il loro ruolo nel rilevare l'ostruzione delle vie aeree nella pratica clinica è controverso (3).

Per facilitarne l'esecuzione, molto spesso i dispositivi includono programmi che premiano graficamente i tentativi di successo, come spegnere le candeline, gonfiare un palloncino o far cadere dei birilli con una palla da bowling (4).

Soprattutto in contesti di ricerca, è possibile effettuare la spirometria in neonati e lattanti non collaboranti con la tecnica di compressione toraco-addominale rapida durante una sedazione lieve. La compressione toraco-addominale ottenuta da una giacchetta gonfiabile induce una manovra di espirazione forzata durante la quale flussi e volumi possono essere misurati con un pneumotacografo. L'analisi di follow-up su bambini sani di 4 settimane ha dimostrato che le misurazioni ottenute sono predittive dello sviluppo di bronchiolite acuta e respiro sibilante prima dei 2 anni di età e di asma entro i 7 anni (3).

La difficoltà nell'esecuzione di una manovra forzata ha portato alla diffusione di metodi che potessero utilizzare la respirazione corrente, tra cui la tecnica dell'oscillazione forzata con dispositivi detti oscillometria a impulsi (IOS) e la determinazione delle resistenze respiratorie con la tecnica delle interruzioni (Rint). Per i bambini dai 3 ai 5 anni, l'IOS fornisce un metodo semplice e non invasivo e richiede una

PAROLE CHIAVE

Spirometria; oscillometria a impulsi; collaborazione.

KEY WORDS

Spirometry; impulse oscillometry; cooperation.

collaborazione minima (2-4). Nell'ultimo decennio sono stati pubblicati molti studi che ne dimostrano l'applicabilità nei bambini in età prescolare e hanno reso disponibili i valori di riferimento. L'esame consiste nell'applicazione di un'onda oscillatoria ad alta frequenza nelle vie aeree tramite una maschera facciale, che può quindi essere utilizzata per valutare l'impedenza attraverso le vie aeree. Essendo l'impedenza l'inverso della resistenza (4), è possibile rilevare la resistenza (Rrs) e la reattanza (Xrs) del sistema respiratorio. La resistenza ad alte frequenze (Rrs 20Hz) riflette principalmente la resistenza delle vie aeree superiori, mentre a frequenze più basse (Rrs 5Hz) riflette l'intero sistema respiratorio (2-4).

La patologia delle piccole vie aeree di solito determina una maggiore differenza tra Rrs a 5 e 20 Hz e un cambiamento delle proprietà elastiche del sistema respiratorio, con conseguente riduzione di Xrs e aumento dell'area sotto la parte negativa della curva di reattanza (AX). La risposta ai broncodilatatori può essere utile per distinguere i bambini sani da quelli con wheezing; una riduzione di almeno il 40% del Rrs5 è considerata positiva. Oltre al contesto diagnostico, IOS è stato utilizzato con successo anche in studi clinici che valutano le risposte terapeutiche agli steroidi inalatori in età prescolare. Tuttavia, il suo ruolo nel monitoraggio dei bambini con wheezing in età prescolare non è ancora chiaro. Pochi studi longitudinali hanno valutato la traiettoria del-

la funzionalità polmonare, ma sembra che un'alterazione della Rrs a 5 Hz nei bambini con wheezing sia associata a una bassa funzionalità polmonare, alla necessità di farmaci per l'asma e ai sintomi dell'asma nell'adolescenza. Pertanto, IOS può essere utile nei bambini non in grado di eseguire la spirometria. Tuttavia, i valori di riferimento devono essere validati su popolazioni più ampie e la sua applicabilità nella previsione dell'asma è ancora controversa (3).

Rint misura la resistenza del sistema respiratorio richiedendo una cooperazione minima. La tecnica prevede un'improvvisa interruzione del flusso durante la respirazione corrente, consentendo l'equilibrio tra pressione alveolare e pressione orale, permettendo così di stimare la pressione alveolare. Sono stati utilizzati diversi metodi per eseguire il test, rendendo difficile il confronto dei risultati, evidenziando così la necessità di standardizzazione del test. Inoltre, sono ancora necessarie ricerche per determinare il miglior algoritmo per calcolare la pressione alla bocca durante l'occlusione e il valore di cut-off post-broncodilatatore deve essere stabilito (2). La pletismografia viene eseguita durante la respirazione corrente e quindi richiede meno collaborazione e può essere condotta nei bambini a partire dai 3 anni. La pletismografia consente di valutare la resistenza specifica delle vie aeree (sRaw), la capacità funzionale residua (FRC) e volumi polmonari come la capacità polmonare totale (TLC) e il volume residuo (VR) come indice di

Tabella 1. Overview dei principali test di funzionalità respiratoria in età prescolare.

	Parametri ottenuti	Età	Collaborazione richiesta	Vantaggi	Svantaggi
Spirometria	FEV ₁ FVC FEF ₂₅₋₇₅	>4	Capacità a eseguire manovra di espirazione forzata	Ampiamente disponibile Linee guida e valori di riferimenti ampiamente validati	Parametri molto variabili perché sforzo-dipendenti Non consente una valutazione sensibile delle piccole vie aeree
IOS	Rrs Xrs AX	3-5	Minima	Facilmente eseguibile Buona sensibilità nell'identificare compromissione delle vie aeree periferiche	Valori di riferimento da validare su ampia scala
Rint	Resistenza vie aeree	2-5	Minima	Facilmente eseguibile	Scarsa standardizzazione
Pletismografia	sRaw FRC TLC VR	>3	Moderata	Consente di ottenere volumi polmonari statici e resistenze delle vie aeree	Scarsa accessibilità

FEV1= Forced Expiratory Volume in the 1st second; FVC = Forced Vital Capacity; FEF25-75 = Forced Mid-expiratory Flow; IOS = Impulse Oscillometry; Rrs = resistance; Xrs = reactance; Rint = Interrupter Resistance; sRaw = specific airway resistance; FRC = Functional Residual Capacity; TLC = Total Lung Capacity; VR = Residual Volume.

intrappolamento aereo. Un aumento delle sRaw è stato dimostrato nei bambini in età prescolare con *wheezing* rispetto ai bambini sani. Inoltre, studi longitudinali hanno documentato un aumento di sRaw nei bambini in età prescolare con *wheezing* che successivamente sviluppano asma persistente. Pertanto, la pletismografia può essere utile sopra i 3 anni per valutare la funzionalità respiratoria, ma questa tecnica non è facilmente accessibile. Inoltre, mancano studi clinici randomizzati e controllati che ne dimostrino l'utilità predittiva e di monitoraggio dell'asma (3).

Per quanto riguarda il MBW test, questo viene utilizzato per valutare l'omogeneità della ventilazione e risulta più sensibile della spirometria per la rilevazione della malattia delle vie aeree periferiche, risultando utile, ad esempio, nei bambini con fibrosi cistica e discinesia ciliare primaria (2), ma la scarsità di studi prospettici non permette di dimostrarne l'utilità nel monitoraggio dell'asma nei bambini in età prescolare (3).

Al di là del tipo di test disponibile, recentemente, Gheorghiu *et al.* (5) hanno sottolineato l'importanza di strategie a misura di bambino per migliorare l'accuratezza dei test.

za dei test e l'esperienza complessiva per i bambini e i caregiver. Innanzitutto, è importante creare un ambiente invitante ma non eccessivamente stimolante ed evitare che il test sia eseguito dopo un evento traumatico (per es. prelievo ematico) che ridurrebbe la propensione del bambino a impegnarsi. È indispensabile inoltre fornire le istruzioni con calma e con un linguaggio adeguato. Incorporare la gamification e il rinforzo positivo nell'esecuzione del test può aumentare la cooperazione del bambino. Ad esempio, l'utilizzo di giochi di simulazione digitali o di narrazioni familiari come "Il lupo e i tre porcellini" incoraggia i bambini a soffiare nei dispositivi, mentre il rinforzo positivo mantiene la motivazione e garantisce prestazioni ottimali durante l'intera prova. Concludendo, tra i test di funzionalità polmonare disponibili per l'età prescolare la spirometria risulta il più accessibile e IOS il più fattibile. È importante validare i valori di riferimento della IOS su popolazioni più ampie e condurre ampi studi longitudinali per meglio comprendere il ruolo predittivo dell'alterata funzionalità polmonare nei primi anni di vita sul successivo sviluppo di asma.

BIBLIOGRAFIA

1. Makrinioti H, Fainardi V, Bonnelykke K, Custovic A, Cicutto L, Coleman C, et al. European Respiratory Society statement on preschool wheezing disorders: updated definitions, knowledge gaps and proposed future research directions. *Eur Respir J* 2024;64:2400624. doi: 10.1183/13993003.00624-2024.
2. Chaya S, Zar HJ, Gray DM. Lung Function in Preschool Children in Low and Middle Income Countries: An Under-Represented Potential Tool to Strengthen Child Health. *Front Pediatr* 2022;10:908607. doi: 10.3389/fped.2022.908607.
3. Elenius V, Chawes B, Malmberg PL, Adamiec A, Ruszcyński M, Feleszko W, et al; EAACI Preschool Wheeze Task Force for Diagnostics of Preschool Wheeze. Lung function testing and inflammation markers for wheezing preschool children: A systematic review for the EAACI Clinical Practice Recommendations on Diagnostics of Preschool Wheeze. *Pediatr Allergy Immunol* 2021;32(3):501-13. doi: 10.1111/pai.13418.
4. Dinwiddie R. Lung function testing in pre-school children. *Allergol Immunopathol (Madr)* 2010;38(4):213-6. doi: 10.1016/j.aller.2010.01.002.
5. Gheorghiu RM, Stan IV. Reflections of a paediatric pulmonologist: strategies for optimising lung function tests in preschool children. *Breathe* 2025;21:240178 doi: 10.1183/20734735.0178-2024.