

**Artigo****Testes de função pulmonar em crianças**  
Pulmonary function tests in children*Ana Alice Amaral Ibiapina Parente<sup>1</sup>, Paula do Nascimento Maia<sup>2</sup>***Resumo**

A avaliação da função pulmonar contribui para o diagnóstico e é importante no acompanhamento do paciente com doenças pulmonares crônicas. Os testes utilizados na prática clínica pediátrica são capazes de medir os volumes e capacidades pulmonares, que auxiliam na caracterização dos distúrbios ventilatórios. Existem diversos exames para avaliar a função pulmonar, entre eles: espirometria, prova broncodilatadora, pico de fluxo expiratório, oximetria transcutânea e gasometria arterial, testes de broncoprovocação, medida de volumes pulmonares, capacidade de difusão e técnica de interrupção de resistência e da oscilação forçada. O mais usado na pediatria é a espirometria. Apesar de existirem várias formas de avaliar a função pulmonar da criança, alguns métodos podem ser caros e outros restritos a uma faixa etária específica. Ao trabalharmos com crianças, a dificuldade de realização aumenta, e por isso, devemos entender as diversas maneiras de avaliar a função do pulmão, para escolher o método mais adequado para o seu paciente.

Descritores: espirometria, testes de função pulmonar, crianças.

**Abstract**

The evaluation of pulmonary function contributes to the diagnosis and is important in monitoring the patient with chronic pulmonary diseases. The tests used in clinical pediatric practice are able to measure lung volume and capacities, to assist in the characterization of ventilatory disorders. There are several tests to assess pulmonary function, among them: spirometry, bronchodilator test, peak expiratory flow, Transcutaneous oximetry and arterial blood gas analysis, testing of bronchial provocation test, measurement of lung volumes, diffusing capacity and technical interruption of resistance and forced oscillation. The most used in Pediatrics is spirometry. Although there are several ways to evaluate lung function of children, some methods can be costly and others restricted to an age group specifies. By working with children, the difficulty of achievement increases, and for that, we must understand the various ways of assessing lung function, to choose the method best suited for your patient.

Keywords: spirometry, pulmonary function tests, children

1. Professora Adjunta de Pediatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Pneumologista pediátrica do Instituto de Puericultura e Pediatria Martagão Gesteira (UFRJ).

2. Doutora em Clínica Médica (UFRJ) e Professora Assistente de Pediatria da Universidade Estácio de Sá.

**Endereço para correspondência:** IPPMG. Rua Bruno Lobo, 50, Cidade Universitária, 21941-912, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

**Email:** aaliceparente@gmail.com

## Introdução

Apesar dos avanços tecnológicos e farmacológicos, as patologias pulmonares continuam sendo doenças predominantes em nosso meio, afetando significativamente a população infantil.

Os testes da função pulmonar são realizados para avaliar a função pulmonar e suas limitações, auxiliar no diagnóstico e no monitoramento do declínio pulmonar e da resposta à terapêutica proposta<sup>1-2</sup>.

## Tipos de testes

Vários testes da função pulmonar podem ser utilizados na população pediátrica. Destacam-se<sup>3-4</sup>:

- Espirometria
- Prova broncodilatadora
- Pico de fluxo expiratório
- Oximetria transcutânea e gasometria arterial
- Testes de broncoprovocação
- Técnica de *washout* de nitrogênio e diluição de hélio

- Difusão de monóxido de carbono
- Técnica de interrupção de resistência e da oscilação forçada

### Espirometria

É um dos testes de função mais realizados na prática pediátrica. É capaz de medir alguns volumes, capacidades e fluxos pulmonares. Geralmente é realizada em pacientes em escolares e adolescentes, sendo possível de ser feita em pré-escolares.

Existem hoje no mercado diferentes tipos de espirômetros, sendo o com o dispositivo fluxo-medido mais usado na pediatria. Independentemente do tipo de aparelho, a cooperação do indivíduo à ser examinado, a técnica realizada, o treinamento do operador e as características pessoais do paciente, irão influenciar nos resultados espirométricos.

Resumidamente, o procedimento é dividido em 3 fases: inspiração máxima, expiração forçada e expiração contínua até o final do exame. Durante a manobra é necessário que o técnico encoraje o paciente a manter a expiração, usando para isso os gráficos de incentivo ou frases como "sopra, sopra, sopra" ou "continua soprando".

As principais variáveis obtidas na espirometria são: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ), fluxo expiratório forçado entre 25-75% da CVF ( $FEF_{25-75\%}$ ), pico de fluxo expiratório (PFE) e relação  $VEF_1/CVF$ . Dois tipos de curvas devem ser avaliadas: fluxo-volume (FV) e volume-tempo (VT). Deve-se ressaltar que a espirometria não é um exame capaz de medir o VR, a CRF e a CPT.

Três manobras com CVF aceitáveis são necessárias para um teste ser adequado. Além disso, devem ser reproduzíveis, com uma diferença entre os dois maiores

valores do CVF e dos do  $VEF_1 < 0,150L$ . Não devem ser feitas mais do que oito tentativas.

Com o objetivo de determinar os resultados como normais ou alterados, os valores obtidos devem ser comparados com os previstos para um indivíduo do mesmo sexo e altura. Consideramos os valores de 80% em relação ao previsto, como o limite inferior da normalidade para o PFE, CVF,  $VEF_1$  e  $VEF_1/CVF$  e de 70% do valor previsto, para o parâmetro  $FEF_{25-75\%}$ <sup>5-9</sup>. Recentemente, recomenda-se o uso das equações de referencia do GLI-2012 para pesquisas clínicas para facilitar a comparação internacional. Além disso, o uso de desvio-padrão (z-score) em relação ao valor previsto pode facilitar a compreensão dos distúrbios ventilatórios (Tabela 1)<sup>10-14</sup>.

**Tabela 1.** Caracterização dos distúrbios ventilatórios

Parâmetros	Caracterização dos distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos através da espirometria	
	Tipo de distúrbio ventilatório	
	Obstrutivo	Restritivo
CVF	normal ou reduzida	reduzida
$VEF_1$	reduzido	normal ou reduzido
$VEF_1/CVF$	reduzida	normal ou aumentada
$FEF_{25-75\%}$	reduzido	normal, reduzido ou aumentado

**Fonte:** Diretrizes para Testes de Função Pulmonar - SBPT (2002)<sup>3</sup>

O DVO pode ser classificado em níveis de gravidade (leve, moderado e grave), com ênfase na análise do  $VEF_1$  e  $VEF_1/CVF$ . Caso haja conflito entre os graus, opta-se por usar a classificação do mais acentuado<sup>3</sup>.

### Espirometria em lactentes e pré-escolares

As espirometrias em lactentes são realizadas sob sedação, com um colete inflável ao redor do tórax e abdome do paciente. A técnica inicialmente descrita foi a compressão torácica rápida (CTR). Pode-se realizar a CTR a partir de volumes elevados. A critério clínico, podem ser realizadas curvas pós-broncodilatador.

As manobras em crianças menores de seis anos são similares às maiores, porém a aceitabilidade é diferente. A expiração forçada se completa em um tempo inferior. Além do  $VEF_1$ , valoriza-se o  $VEF_{0,5}$ , o  $VEF_{0,75}$ , o  $FEF_{25\%}$ , o  $FEF_{50\%}$  e o  $FEF_{75\%}$ . Por meio de orientação adequada, consegue-se realizar manobras aceitáveis com sucesso<sup>1-4,12</sup>.

### Prova broncodilatadora

A prova broncodilatadora, corresponde à realização de uma nova espirometria após a administração de drogas broncodilatadoras e tem como objetivo analisar a reversibilidade do DVO. Administra-se o broncodilatador, geralmente o fenoterol ou o salbutamol, por via inalatória e outra espirometria deve ser realizada após 15 minutos.

Para a avaliação da resposta ao broncodilatador, utiliza-se a variação do  $VEF_1$ . Em Pediatria, considera-se como resposta ao broncodilatador um aumento de 12% ou superior ao valor inicial e/ou de  $200\text{ml}^{1-3}$ .

### **Pico de fluxo expiratório**

O pico de fluxo expiratório (PFE) é o volume de gases liberado na expiração forçada. É indicado para uma avaliação mais simplificada da função respiratória, sendo utilizado principalmente no controle do paciente asmático, para avaliação da evolução clínica e resposta terapêutica. Usado também para reconhecimento da piora pulmonar, classificação da asma e suas exacerbações. Este tipo de medida, quando realizada em aparelho portátil e com um bom ensino aos responsáveis, pode ajudá-los a perceber se há boa adesão às medicações, o momento certo para a procura de uma emergência, quando iniciar, modificar ou suspender um determinado tratamento e pode contribuir para a determinação de fatores desencadeantes, como o exercício<sup>15-16</sup>.

### **Oximetria transcutânea e gasometria arterial**

A medida transcutânea do oxigênio, realizada pelo oxímetro de pulso, é um exame não invasivo e simples de ser realizado. Pode ser importante no acompanhamento de doenças pulmonares crônicas e para avaliação da necessidade de oxigênio complementar. Considera-se ideal a saturação de oxigênio ( $\text{SatO}_2$ ) > 95%. Nos casos de alterações significativas na oximetria transcutânea, deve ser realizada a gasometria arterial. Valida ou não a hipoxemia suspeita, se há retenção de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) ou desequilíbrio ácido-básico<sup>14-15</sup>.

### **Testes de broncoprovocação**

São realizados para avaliação de uma resposta constrictora exacerbada a estimulantes diversos que podem estar presentes no nosso cotidiano. Podem ser realizados em laboratórios especializados, capazes de executar medidas de emergência, se necessário. Têm como principal indicação o diagnóstico de tossidores crônicos de origem desconhecida. É de grande ajuda nos indivíduos sintomáticos com espirometria normal.

Pode-se utilizar agentes específicos, como a metacolina (mais utilizada) ou a histamina, ou o carbacol. O teste pode ser considerado positivo, devendo então ser suspenso, quando o  $VEF_1$  tiver uma redução de 20% em relação ao valor basal do  $VEF_1$ , medido antes da administração do broncoprovocador. O valor da  $PC20$  (dose provocativa que faz o  $VEF_1$  cair em 20%) servirá para quantificar o grau dessa reatividade brônquica. Não se deve esquecer de administrar o broncodilatador ao final do teste, mesmo que a criança não apresente broncoespasmo importante.

Os testes com exercícios também podem ser usados na avaliação da função pulmonar e na resposta broncoconstrictora, como o teste da caminhada (6 e 12 minutos), o teste de broncoprovocação por exercício, a oximetria do exercício ou por meio de medidas gasométricas seriadas<sup>1,4,14</sup>.

### **Testes para medidas de volumes pulmonares**

Os exames que avaliam a saída e entrada de ar – como a espirometria – não são capazes de quantificar os volumes de ar presentes dentro do pulmão. O termo volumes pulmonares refere-se às medidas da capacidade pulmonar total (CPT), volume residual (VR) e capacidade residual funcional (CRF). Através dessas medidas é possível a determinação dos demais volumes. O VR pode variar bastante nas crianças, por isso a relação VR/CPT costuma ser mais útil na avaliação da função pulmonar. Os exames que fazem a medição direta dos volumes pulmonares são: a pletismografia de corpo total, diluição de hélio e lavagem do nitrogênio.

### **Pletismografia**

Esse exame se baseia na lei de Boyle. Essa lei determina que o produto da pressão (P) pelo volume (V) de um gás é constante ( $P \times V = K$ ) em condições isotérmicas mantidas. Esse teste permite medições mais precisas do que o método de diluição do hélio, porque inclui áreas que não se comunicam com as vias aéreas, como nas bolhas de enfisema. Dessa forma, é possível determinar o volume de todo os gases dos pulmões.

Esse aparelho é composto de uma caixa hermeticamente fechada que comporta o corpo inteiro do paciente. O interior da caixa contém um obturador, cujo objetivo é impedir a saída do ar pela boca, podendo, dessa forma, medir a pressão dos gases no interior dos pulmões; um pneumotacógrafo, que irá medir o fluxo aéreo; e um medidor, para verificar a pressão dentro da caixa.

No momento que o paciente para de respirar, a pressão alveolar se iguala à barométrica. Quando o obturador é fechado e o indivíduo faz uma exalação forçada, ocorrerá uma elevação da pressão alveolar, que será verificada pelo aparelho. Depois, solicita-se ao paciente que realize respirações basais repetitivas contra o obturador. A CPT determinada será correlacionada com seus níveis previstos. Para sua realização em lactentes, há necessidade de sedação.

### **Técnica de diluição do hélio**

É um exame que utiliza um gás, em um sistema fechado, com uma campânula e um analisador de gás. O hélio é o gás mais amplamente escolhido devido as suas características peculiares de ser um gás inerte, que não participa das trocas gasosas, e tem mínima difusibilidade

na corrente sanguínea e tecido celular. Isso permite que ele fique presente exclusivamente dentro dos compartimentos pulmonares.

Enche-se a campânula, os circuitos e traquéias com hélio, com um volume e concentração conhecidos, que pode ser diferente nos diversos tipos de aparelhos. Abre-se então a conexão deste com a campânula e espera-se o momento em que a concentração do hélio no aparelho fique em equilíbrio com a concentração deste, presente no interior do pulmão examinado. A concentração do hélio, após a abertura da válvula, reduz rapidamente dentro da campânula, e depois de forma mais lenta, até alcançar a paridade entre os valores aparelho-pulmão.

Nas pessoas saudáveis ou naquelas com distúrbio ventilatório restritivo (DVR), essa estabilidade ocorrerá em 2 a 3 minutos, enquanto no distúrbio ventilatório obstrutivo (DVO), a igualdade será mais tardia. A CRF é medida e, através desse valor, é encontrado o VR. O valor da CRF será elevado conforme a idade e a presença de doenças que cursam com o aprisionamento aéreo. Os valores da relação valor obtido/valor previsto serão quantificados para medida do VR.

#### ***Método de washout de nitrogênio***

O conceito dessa técnica se assemelha com a da diluição do hélio, e tem objetivos parecidos. Baseia em uma troca de gases, porém em um circuito aberto. Para isso, o paciente adere na face uma máscara com uma válvula de três vias, que permite a respiração do ar ambiente, uma das válvulas é fechada, e o paciente passa a respirar somente O<sub>2</sub> a 100%. O gás expirado é direcionado para uma câmara de mistura. O nitrogênio é medido continuamente nessa câmara, e a criança continua a respirar o O<sub>2</sub> concentrado<sup>10,17-19</sup>.

#### ***Capacidade de difusão para o monóxido de carbono (DLCO)***

É um método não invasivo capaz de avaliar a integridade da membrana alvéolo-capilar e a eficiência das trocas gasosas, podendo estimar a transferência do O<sub>2</sub> do ar alveolar para o interior da hemoglobina, por meio de uma medida indireta utilizando-se o monóxido de carbono (CO). Este gás é altamente difusível e com alta afinidade com a hemoglobina.

A DLCO é indicada para o diagnóstico e avaliação evolutiva de doenças intersticiais e enfisema pulmonar, e outras situações onde a determinação da CPT contribuirá para o diagnóstico, acompanhamento ou escolha da intervenção terapêutica. Por meio da medida do CO inspirado e expirado, calcula-se o CO que foi difundido na membrana alvéolo-capilar. O valor encontrado é correlacionado com os níveis previstos e quantificado<sup>20-21</sup>.

## **Técnicas especiais para pré-escolares**

A limitação da maioria dos testes da função pulmonar é o seu uso na população pediátrica jovem. Isso ocorre, devido à pouca cooperação destes para realização do exame. Avanços tecnológicos permitiram a introdução de novas técnicas, que visam suprir essa limitação e permitir a avaliação pulmonar em crianças de 2 a 5 anos, verificando o impacto na vida adulta das intercorrências respiratórias na primeira infância.

#### ***Técnica de interrupção de resistência (rint)***

Essa técnica se baseia na avaliação da resistência por interrupção do fluxo aéreo (Rint). Possui várias vantagens práticas. Essa medida é realizada usando um equipamento portátil, que não depende do esforço do paciente. O Rint é uma estimativa da resistência das vias aéreas, que requer uma breve interrupção do fluxo respiratório, momento este em que o fluxo e a pressão da abertura da via aérea são medidos. A pressão da via aérea é estipulada pela modificação da sua pressão de abertura, no momento em que ocorre a interrupção do fluxo de ar.

#### ***Técnica da oscilação forçada (FOT)***

A técnica de oscilação forçada (FOT) é capaz de dar informações específicas da fisiologia respiratória. Sua vantagem sobre a espirometria é não necessitar de grande esforço do paciente, pois necessita apenas de respirações basais por um período curto.

A forma de determinar a impedância é a aplicação sucessiva de sinusóides de diferentes frequências. Para isso, pode-se utilizar três tipos: barulhos aleatórios, uma série de impulsos ou falsos barulhos aleatórios. A FOT é um método confiável de avaliação da hiperresponsividade brônquica em adultos e crianças<sup>22</sup>.

## **Conclusões**

A espirometria permanece como o método de avaliação da função pulmonar mais utilizado na prática pediátrica. Outras formas de auxílio no diagnóstico e monitoramento dos distúrbios respiratórios estão surgindo para complementação em todas as faixas etárias.

## Referências

- Rodrigues JC, Cardiere JMA, Bussamra MHCF, Nakaie CMA, Almeida MB, Silva Filho LVF. Provas de função pulmonar em crianças e adolescentes. *J Pneumol.* 2002; 28(Supl 3):207-21.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. ATS/ERS task force: Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005; 26:319-38.
- Pereira CAC. Espirometria. *J Pneumol.* 2002; 28(Supl 3):S1-82.
- Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HGM, Aurora P, et al. ATS/ERS working group on infant and young children pulmonary function testing: an official ATS/ERS statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007; 175:1304-45.
- Derom E, Weel C van, Liistro G, Buffels J, Schermer T, Lammers E, et al. Primary care spirometry. *Eur Respir J.* 2008; 31:197-203.
- Hayes Jr D e Kraman S S. The physiologic basis of spirometry. *Respir Care* 2009; 54:1717-26.
- Coates AL, Graham BL, McFadden RG, McParland C, et al. Spirometry in primary care. *Can Respir J.* 2013; 20:13-22.
- Coates AL, Tamari IE, Graham BL. Role of spirometry in primary care. *Can Fam Physician.* 2014; 60:1069-1070.
- Enright PL. How to make sure your spirometry tests are of good quality. *Respir Care* 2003; 48:773-6.
- Quanjer PH1, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J.* 2012; 40:1324-43.
- Quanjer PH, Weiner DJ, Pretto JJ, Brazzale DJ, Boros PW. Measurement of FEF25-75% and FEF75% does not contribute to clinical decision making. *Eur Respir J.* 2014; 43:1051-8.
- Culver BH, Graham BL, Coates AL, Wanger J, Berry CE, Clarke PK, et al. Recommendations for a standardized pulmonary function report: an official American Thoracic Society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017; 196:1463-72.
- Cooper BG, Stocks J, Hall GL, Culver B, Steenbruggen I, Carter KW, et al. The Global Lung Function Initiative (GLI) Network: bringing the world's respiratory reference values together. *Breathe* 2017; 13:e56-e64.
- Silva LCC, Rubin AS, Silva LMC, Fernandes JC. Espirometria na prática médica. *Revista AMRIGS* 2005; 49:183-94.
- McClure LA, Harrington KF, Graham H, Gerald LB. Internet-based monitoring of asthma symptoms, peak flow meter readings, and absence data in a school-based clinical trial. *Clin Trials* 2008;5:31-7.
- Rosenfeld M, Allen J, Arets BH, Aurora P, Beydon N, Calogero C, et al. An official American Thoracic Society workshop report: optimal lung function tests for monitoring cystic fibrosis, bronchopulmonary dysplasia, and recurrent wheezing in children less than 6 years of age. *Ann Am Thorac Soc.* 2013; 10(2):S1-S11.
- Stocks J, Godfrey S, Beardsmore C, Bar-Yishay E, Castile R; ERS/ATS Task Force on Standards for Infant Respiratory Function Testing. European Respiratory Society/ American Thoracic Society. Plethysmographic measurements of lung volume and airway resistance. *Eur Respir J.* 2001; 17:302-12.
- Barreto SS Menna. Volumes pulmonares. *J Pneumol.* 2002; 28(Supl3):S83-S94.
- Barreto SS Menna, Cavalazzi AC. Determinação dos volumes pulmonares: métodos de mensuração dos volumes pulmonares. *J Pneumol.* 2002; 28(Supl3):S95-S100.
- Graham BL, Brusasco V, Burgos F, Cooper BG, Jensen R, Kendrick A, et al. 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J.* 2017; 49:1600016.
- Stanojevic S, Graham BL, Cooper BG, Thompson BR, Carter KW, Francis RW, et al. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur Respir J.* 2017; 50:1700010.
- Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, Farré R, Hantos Z, Desager K, et al. The forced oscillation technique in clinical practice methodology recommendations and future developments. *Eur Respir J.* 2003; 22:1026-41.

