

# Bases e Aplicações Clínicas dos Testes de Função Pulmonar\*

Carlos Alberto de Castro Pereira\*\*

Os testes clínicos de função pulmonar, muito subutilizados na prática clínica, têm um papel essencial no atendimento de pacientes com doenças pulmonares e daqueles com risco de desenvolver disfunção respiratória. Estes testes fornecem dados objetivos de função pulmonar que o clínico pode correlacionar com dados altamente subjetivos, como a dispnéia. Os testes também fornecem resultados quantitativos e reprodutíveis, permitindo avaliações longitudinais. Isto é importante porque os sintomas respiratórios se correlacionam com a gravidade e a progressão de diversas doenças<sup>1-3</sup>.

A asma e a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) acometem aproximadamente 15 milhões de brasileiros. Em ambas as condições, os testes de função pulmonar são essenciais para diagnóstico e acompanhamento. Na asma, a correlação entre sintomas e o grau de obstrução pela espirometria é pobre e muitos pacientes não percebem o distúrbio obstrutivo, mesmo quando acentuado<sup>2</sup>. Na DPOC e na asma, a sensibilidade dos achados clínicos para prognosticar a obstrução é menor do que 50%<sup>3</sup>.

Os médicos generalistas têm um papel central na identificação precoce de pacientes com DPOC. O diagnóstico precoce, aliado à cessação do tabagismo, é capaz de reverter a morbidade e mortalidade resultante da DPOC<sup>4-7</sup>. Todo fumante com mais de 40 anos de idade ou fumante de mais de dez maços-ano (equivalente a fumar um maço por dia por dez anos), ou com tosse crônica deve ser submetido à espirometria para o diagnóstico de possível DPOC. Estudos populacionais demonstraram que mais de 25% das pessoas têm DPOC, preenchidas uma ou mais destas condições<sup>8-10</sup>. Um estudo populacional de 20.050 americanos demonstrou que obstrução do fluxo aéreo estava presente em 7% dos indivíduos, mas nenhum diagnóstico de doença tinha sido feito em 63% deles<sup>10</sup>.

Os testes de função pulmonar são atualmente realizados com sistemas computadorizados que analisam os dados e fornecem resultados imediatos, porém a colaboração do paciente é essencial. Os exames devem ser feitos em equipamentos acurados, por técnicos capacitados e devem ser supervisionados por médicos especialistas, segundo as normas recomendadas pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT) e outras sociedades da especialidade, como a *American Thoracic Society* e a *European Respiratory Society*<sup>11-13</sup>. Exames realizados por não-especialistas freqüentemente são inadequados<sup>14</sup>.

Pela variabilidade observada em diferentes países, valores de referência nacionais devem ser preferidos, especialmente se os testes são feitos para detecção precoce de doença, exposição ocupacional e avaliação de incapacidade<sup>12,15,16</sup>. A adaptação de equações estrangeiras deve ser feita apenas quando valores de referência locais inexistem. Para esta finalidade, um grande número de indivíduos deve ser analisado na comparação de equações para espirometria<sup>17</sup>. A inobservância desse princípio resulta em adoção de valores de referência inadequados<sup>16,18</sup>.

Os responsáveis pelos laboratórios de função pulmonar deveriam estar presentes durante os testes e orientar roteiros de exames para que a investigação funcional siga protocolos bem definidos de acordo com as indicações, que devem ser claras e sempre acompanhar o pedido do exame. Um paciente com possível asma deverá ser submetido a um teste de broncoprovocação, se a espirometria for normal; se o diagnóstico for estabelecido, e exame será repetido após o uso de broncodilatador.

O objetivo deste artigo é apontar as bases e as indicações dos testes de função pulmonar habitualmente disponíveis e suas aplicações, com base em ampla revisão da literatura. Um caso, ao final do artigo, ilustra

\* Artigo originalmente publicado em: Diagnóstico & Tratamento, São Paulo, volume 10, edição 2, Abril/Maio/Junho, 2005, 65-75. Motivo pelo qual foi mantida a forma da publicação original nem sempre coincidente com as normas de publicação da RBMT.

\*\* Doutor em Pneumologia, Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina. Laboratório de Função Pulmonar, Centro Diagnóstico Brasil e Hospital do Servidor Público Estadual e São Paulo. Rua Irai, 393, Conjunto 34, Moema, São Paulo, SP. Cep.: 04082-001. Tel.: (11) 5543-8070. E-mail: pereirac@uol.com.br

o papel do laboratório de função pulmonar na investigação de dispnéia de causa inaparente.

## PRINCIPAIS TESTES DE FUNÇÃO PULMONAR

### Espirometria

A espirometria (do latim *spirare* = respirar + *metrum* = medida) é a medida do ar que se move para dentro e para fora dos pulmões durante várias respirações. A espirometria permite determinar quanto de ar pode ser inalado e exalado, e quão rapidamente. Os componentes do ciclo respiratório são assinalados como volumes e capacidades pulmonares (uma capacidade é soma de um ou mais volumes (Tabela 1 e Figura 1).

### Capacidade Vital Lenta (CVL) e Forçada (CVF)

A capacidade vital deve inicialmente ser obtida por uma manobra lenta (CVL ou apenas CV), com me-

didadas das suas subdivisões. Estes valores dão dados relevantes adicionais aos obtidos pela manobra expiratória forçada<sup>11</sup>.

Uma manobra espirométrica forçada começa com paciente inalando o máximo possível e então expirando de maneira forçada e prolongada; a quantidade exalada desta maneira é a CVF. A CVF pode ser registrada por curvas de volume contra tempo ou de fluxo contra volume (Figura 2).

Idealmente, ambas as curvas devem acompanhar o laudo espirométrico. Esforço inicial adequado, expresso por um pico de fluxo precoce e íngreme, é mais bem observado na curva de fluxo-volume e o tempo expiratório (mínimo de seis segundos) e o platô, indicando término da curva adequado, na curva de volume-tempo. Na Figura 2 o esforço inadequado é claro na curva de fluxo-volume, mas pouco aparente na curva de volume-tempo. Na curva de fluxo-volume, observa-se que o fluxo é submáximo no início da

**Tabela 1**  
Definições de Parâmetros Funcionais Selecionados na Espirometria

Parâmetros	Definição
<b>Testes derivados da espirometria forçada</b>	
Capacidade vital forçada (CVF)	O volume de gás que pode ser expirado fortemente do pulmão depois de uma inspiração máxima
Volume expirado no primeiro segundo (VEF1)	O volume de gás expirado no primeiro segundo da manobra da CVF
Relação VEF1/CVF	A porcentagem da CVF expirada no primeiro segundo
Fluxo expiratório forçado (FEF 25% a 75%)	Fluxo expiratório forçado na parte média da capacidade vital forçada, medido entre 25% e 75% do volume da CVF
<b>Volumes Pulmonares</b>	
Volume de reserva expiratório (VRE)	O volume máximo de ar expirado a partir do final de uma expiração normal
Volume de reserva inspiratório (VRI)	O volume máximo de ar inspirado a partir do final de uma inspiração normal
Volume de ar corrente (VAC)	O volume de ar inalado ou exalado em cada ciclo respiratório
Volume residual (VR)	O volume de gás no pulmão ao final de uma expiração máxima
<b>Capacidades pulmonares</b>	
Capacidade vital lenta (CV)	O volume de gás que pode ser expirado vagarosamente depois de uma inspiração máxima
Capacidade inspiratória (CI)	O volume do gás que pode ser inspirado partindo-se da posição de repouso do sistema respiratório ao final do volume de ar corrente
Capacidade pulmonar total (CPT)	O volume de gás no pulmão depois de uma inspiração máxima
Capacidade residual funcional (CRF)	O volume de gás no pulmão ao final de uma expiração normal

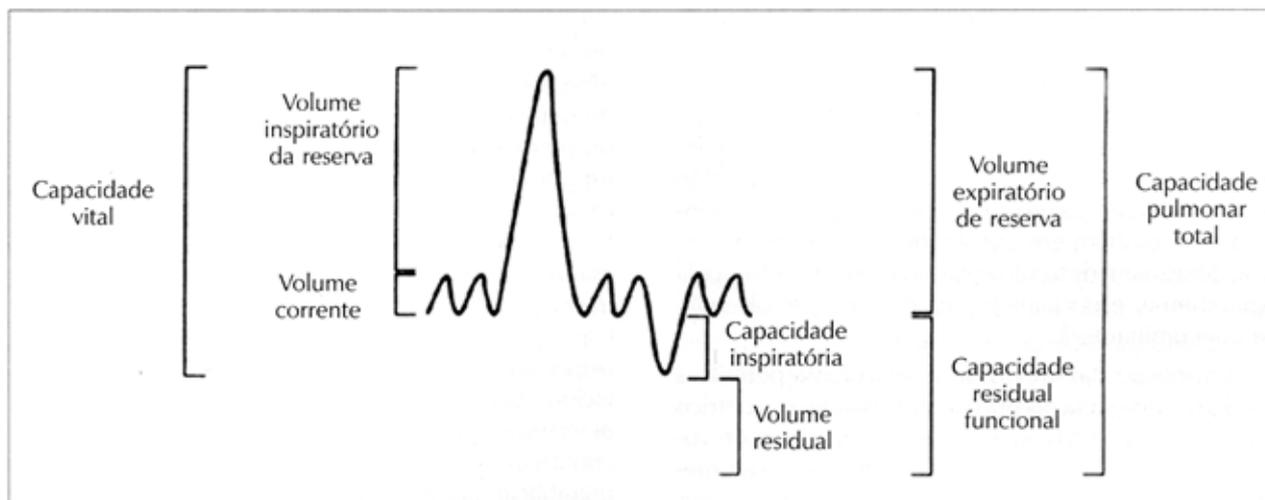


Fig. 1 – Representação de volumes e capacidades pulmonares na espirometria.

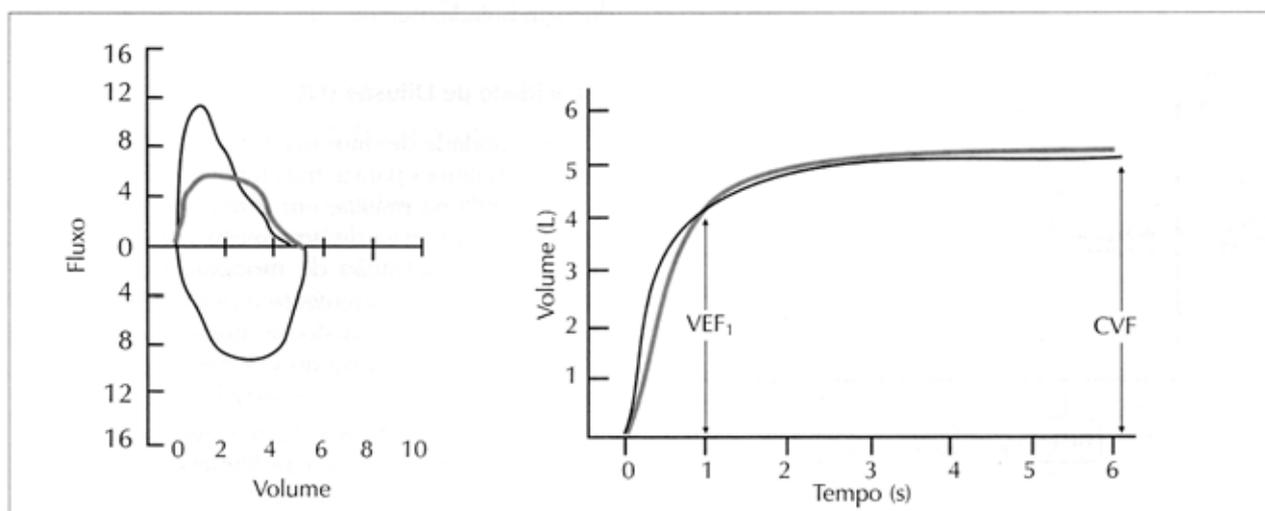


Fig. 2 – Medida da capacidade vital forçada por curvas de volume-tempo (à direita) e fluxo-volume (à esquerda).

manobra expiratório forçada, o que não é evidente no traçado da curva volume-tempo.

O volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) é a quantidade de ar exalada durante o primeiro segundo da manobra da CVF. Ele é reduzido em doenças com obstrução ao fluxo aéreo, mas também quando há perda de volume pulmonar<sup>11</sup>.

A relação VEF1/CVF, habitualmente expressa em porcentagem, reflete a velocidade de esvaziamento pulmonar. Em geral, os valores previstos situam-se acima de 80% nas crianças, 75% nos indivíduos de meia-idade e 70% nos idosos. Distúrbio ventilatório obstrutivo é definido como uma redução desproporcional do fluxo expiratório máximo com respeito ao volume máximo de ar que o paciente pode deslocar dos pulmões. Distúrbio ventilatório obstrutivo, portanto, é caracterizado por relação VEF1/CVF reduzida.

Na presença de obstrução do fluxo aéreo ou de distúrbio de causa indeterminada e em espirometria normal com asma diagnosticada, teste após broncodilatador deve ser repetido para avaliar a reversibilidade<sup>11</sup>. Aumento do VEF1 acima de 0,20 L ou da CVF acima de 0,35 L caracterizam obstrução ao fluxo aéreo reversível<sup>11,19</sup>, porém muitos pacientes portadores de DPOC conseguem melhora clínica com o uso de broncodilatadores, sem evidência espirométrica de reversibilidade<sup>20</sup>. Isso é explicado pela redução da hiperinsuflação pulmonar após broncodilatador, o que não é medido pela espirometria<sup>21</sup>.

Distúrbio ventilatório restritivo é definido por redução da capacidade pulmonar total. Distúrbio restritivo pode ser inferido pela espirometria na presença de relação VEF1/CVF normal com CVF reduzida e presença de uma causa evidente para restrição, como

ocorre em doenças com fibrose pulmonar. Na ausência de uma causa aparente para restrição, o encontro de redução da capacidade vital associada à relação VEF1/CVF normal é um achado inespecífico<sup>22,23</sup>, o que exige medida da capacidade pulmonar total (CPT) para definir a causa da redução da capacidade vital. Não raramente, doenças de vias aéreas, como asma e bronquiolites, resultam em acentuado aprisionamento de ar, levando a um distúrbio aparentemente restritivo pela espirometria, especialmente na presença de obesidade concomitante<sup>23</sup>.

A inspeção das curvas de fluxo-volume permite a imediata inferência do tipo de distúrbio espirométrico (Figura 3): concavidade exagerada para o eixo de volume nos distúrbios obstructivos e amputação volumétrica com ramo descendente ou mais inclinado nos distúrbios restritivos<sup>23</sup>. Os distúrbios ventilatórios são classificados de acordo com seu tipo e gravidade (leve, moderado e acentuado)<sup>11</sup>.

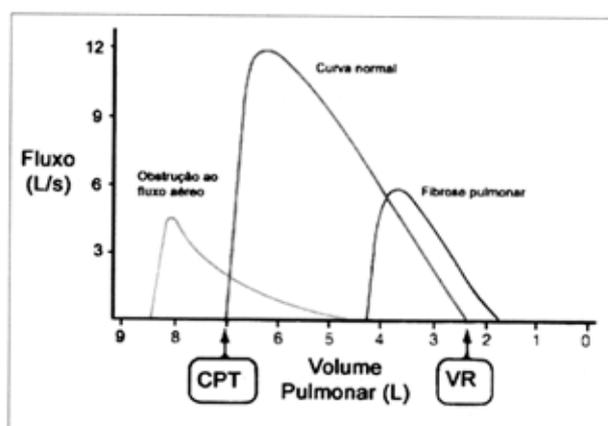


Fig. 3 – Curvas de fluxo-volume expiratório normais em portadores de distúrbios restritivos e distúrbios obstructivos.

### Volumes Pulmonares

Após uma expiração máxima, algum ar permanece nos pulmões; este é chamado de volume residual (VR). O VR mais a capacidade vital (CV) é igual à capacidade pulmonar total (CPT), que é a máxima quantidade de ar contida nos pulmões após uma inspiração máxima<sup>23</sup>.

O VR (e, portanto, a CPT) não pode ser medido por espirometria. O VR e a CPT são medidos por testes especiais<sup>23</sup>. No teste de diluição de gases, uma mistura contendo um gás inerte como o hélio (He) é respirada até que se estabeleça um equilíbrio entre o espirômetro e os pulmões e, por meio de uma fórmula de diluição, o volume pulmonar é medido. Os volumes pulmonares podem ser também medidos por um equipamento especial denominado pletismógrafo de

corpo, uma cabine hermética onde as variações de pressão e volume permitem a medida dos volumes pulmonares com base na lei de Boyle. Essas medidas (denominadas “determinação dos volumes pulmonares” ou simplesmente “volumes”) adicionam informação à espirometria. A determinação dos volumes pulmonares por pletismografia é considerada o padrão ouro, já que, no método de diluição dos gases, áreas muito mal ventiladas não são mensuradas. Nas doenças obstructivas, as medidas do VR e da CPT podem demonstrar aprisionamento de ar e hiperinsuflação se respectivamente aumentados, o que melhor se correlaciona com a dispnéia<sup>21</sup>. Nas doenças aparentemente restritivas pela espirometria, a CPT é necessária para confirmar a verdadeira restrição, e serve para melhor quantificar sua gravidade. CPT reduzida associada à obstrução ao fluxo aéreo caracteriza distúrbio ventilatório misto, que pode ocorrer em combinação de doenças (por exemplo: ICC mais DPOC) ou em certas doenças isoladas (sarcoidose, bronquiectásias e outras).

### Capacidade de Difusão (DCO)

A capacidade de difusão é uma medida da habilidade dos pulmões para a transferência de gás. A difusão é medida na prática, em geral, pela inalação de uma respiração única de uma mistura contendo uma pequena concentração de monóxido de carbono (DCO). Este liga-se fortemente à hemoglobina, resultando em pressão parcial do gás inexistente no capilar, o que facilita a estimativa do volume de gás transferido por diferença de pressão parcial<sup>24</sup>.

Embora uma expressão da transferência de O<sub>2</sub>, a medida da DCO é muito mais influenciada pela perfusão pulmonar, de modo que a correlação entre hipoxemia em repouso ou em exercício e DCO nas doenças pulmonares é grosseira<sup>24</sup>.

A difusão dos pulmões é mais eficiente quando a área de superfície para a transferência de gás é alta e o sangue está disponível para receber o gás transferido.

A difusão é, portanto, diminuída em:

- condições que minimizam a capacidade do sangue para aceitar e ligar o gás que está se difundido (por exemplo: anemia);
- condições que diminuem a área de superfície da membrana alvéolo-capilar (por exemplo: enfisema, embolia pulmonar, fibrose pulmonar);
- condições que alteram a permeabilidade da membrana ou aumentam a sua espessura (por exemplo: doenças intersticiais em geral).

Nas doenças intersticiais difusas, em geral, a difusão é o teste que melhor reflete a extensão das doenças e detecta comprometimento pulmonar mesmo com radiografias normais<sup>25</sup>, como ocorre frequentemente

nas colagenoses. Na fibrose pulmonar idiopática, a medida da DCO e a espirometria são essenciais para monitorar o curso da doença e a resposta ao tratamento<sup>26-28</sup>. Em DPOC, a DCO expressa bem a extensão do enfisema<sup>29</sup>. A medida da DCO permite diferenciar pacientes com asma e obstrução irreversível de pacientes com enfisema<sup>30</sup>.

### Testes de Broncoprovocação

Testes de broncoprovocação são realizados com a inalação de doses crescentes de drogas broncoconstritoras, observando-se a queda do VEF1 por repetidas espirometrias. Indivíduos com asma e portadores de hiper-responsividade respondem com doses menores em comparação à população geral<sup>31</sup>. Os testes de broncoprovocação podem ser feitos indiferentemente com metacolina, carbacol ou histamina<sup>32,33</sup>. Estão indicados quando a espirometria é normal e há possibilidade de:

- asma de início recente<sup>34</sup>;
- tosse, dispnéia crônica, sibilância, ou aperto no peito isolados ou associados<sup>35-38</sup>, que podem ser manifestações de asma.

Alguns pacientes têm asma evidenciada apenas com exercício ou substancialmente exacerbada por ele. Broncoespasmo induzido por exercício pode usualmente ser confirmado por medidas de VEF1 antes e após esforço intenso<sup>39</sup>, porém o teste de broncoprovocação com drogas broncoconstritoras é mais sensível para o diagnóstico de asma<sup>40</sup>. O teste de broncoprovocação é seguro, mas um médico e recursos apropriados devem estar presentes durante sua execução<sup>39</sup>.

### Oximetria

Essa técnica permite a estimativa da saturação do oxigênio (SaO<sub>2</sub>) por meio da análise da absorção da luz pela hemoglobina durante sua passagem pelo leito capilar. Deve ser um recurso disponível na rotina, já que seus resultados são acurados, e a técnica é simples e de baixo custo. Valores acima de 90% costumam corresponder à pressão arterial do oxigênio (PaO<sub>2</sub>) acima de 60 mmHg, indicando um aporte satisfatório de O<sub>2</sub> ao organismo<sup>41</sup>.

Oximetria feita durante testes de exercício simples, como subir escadas ou teste de caminhada de seis minutos em corredor, permite a detecção e a quantificação de hipoxemia durante o esforço, dado com valor diagnóstico (por exemplo: pneumonia por *P. carinii* em portadores do vírus da imunodeficiência humana, HIV)<sup>42</sup>, valor terapêutico, como na titulação de oxigenoterapia domiciliar<sup>43</sup>, e valor prognóstico, como na fibrose pulmonar idiopática<sup>44</sup>.

### Pressões Respiratórias Máximas

A medida das pressões respiratórias máximas auxilia na avaliação de pacientes com disfunção respiratória de etiologia neuromuscular, uma causa não rara de dispnéia de origem indeterminada<sup>33</sup>.

Ambas as pressões inspiratórias e expiratórias máximas (PIMAX E PEMAX) estão reduzidas em doenças neuromusculares generalizadas, como miastenia gravis e distrofias musculares. O teste, entretanto, exige boa colaboração para que os resultados sejam confiáveis. Em pacientes com disfunção diafragmática pode haver fraqueza seletiva expressa por redução da pressão inspiratória máxima. Ao contrário, em pacientes com lesão de medula espinhal, mas com nervos frênicos intactos, há um predomínio da queda das pressões expiratórias.

Essa informação pode ter um papel prognóstico importante. A medida das pressões respiratórias máximas pode auxiliar na avaliação da capacidade de proteção das vias aéreas (por exemplo, capacidade de gerar tosse adequada), para prever o sucesso ou não do desmame da ventilação mecânica e para avaliar a gravidade e a progressão de fraqueza neuromuscular em diversas condições<sup>45</sup>.

### Testes de Exercícios

Dispnéia durante o exercício é um sintoma comum, e, em muitas ocasiões, a causa não é aparente ou, pelo contrário, múltiplas causas potenciais podem estar presentes. Nessas circunstâncias, o teste cardiopulmonar incremental de exercício (também denominado impropriamente teste ergoespirométrico), realizado em bicicleta ou esteira até à exaustão, pode fornecer informações relevantes<sup>46</sup>.

Equações de referência nacional para prever a resposta cardíaca ventilatória e de troca gasosa são atualmente disponíveis e são essenciais para interpretação acurada<sup>47</sup>. O teste permite distinção entre causas cardíacas e pulmonares de limitação do exercício, bem como pode sugerir descondição físico como causa primária ou associada da dispnéia.

Outras indicações de utilidade clínica importante do teste de exercício incluem<sup>11</sup>: determinação objetiva da tolerância ao esforço em pacientes com doenças cardiorrespiratórias; avaliação pré-operatória em pacientes candidatos à cirurgia torácica com ressecção pulmonar e função pulmonar limítrofe e em candidatos a transplante pulmonar e/ou cardíaco; e determinação da incapacidade em doenças pulmonares ocupacionais.