

Espirometria

CARLOS ALBERTO DE CASTRO PEREIRA

DEFINIÇÕES

As definições e símbolos usados em espirometria estão situados abaixo^(1,2).

As grandezas funcionais são expressas em litros nas condições de temperatura corporal (37°C), pressão ambiente e saturado de vapor de água (BTPS).

Volume residual (VR): representa o volume de ar que permanece no pulmão após uma expiração máxima.

Capacidade pulmonar total (CPT): o volume de gás nos pulmões após a inspiração máxima.

Capacidade residual funcional (CRF): é o volume de ar que permanece nos pulmões ao final de uma expiração usual, em volume corrente.

Capacidade vital (CV): representa o maior volume de ar mobilizado, podendo ser medido tanto na inspiração quanto na expiração.

Capacidade vital forçada (CVF): representa o volume máximo de ar exalado com esforço máximo, a partir do ponto de máxima inspiração.

Volume expiratório forçado no tempo (VEFt): representa o volume de ar exalado num tempo especificado durante a manobra de CVF; por exemplo VEF_1 é o volume de ar exalado no primeiro segundo da manobra de CVF.

Fluxo expiratório forçado máximo (FEF_{máx}): representa o fluxo máximo de ar durante a manobra de capacidade vital forçada. Esta grandeza também é denominada de pico de fluxo expiratório (PFE).

Fluxo (FEF_x ou FIF_x): representa o fluxo expiratório ou inspiratório forçado instantâneo relacionado a um volume do registro da manobra de CVF. Esta grandeza é expressa em litros/segundo (BTPS).

Fluxo expiratório forçado médio (FEF_{x-y%}): representa o fluxo expiratório forçado médio de um segmento obtido durante a manobra de CVF; por exemplo $FEF_{25-75\%}$ é o fluxo expiratório forçado médio na faixa intermediária da CVF, isto é, entre 25 e 75% da curva de CVF.

Tempo da expiração forçada (TEF): tempo decorrido entre os momentos escolhidos para “início” e “término” da manobra de CVF. Esta grandeza é expressa em segundos.

Tempo expiratório forçado médio (TEF_{x-y%}): representa o tempo expiratório forçado médio de um segmento, obtido durante a manobra da CVF; por exemplo

Simbologia e nomenclatura para pneumologia

STPD – Condições padrão, temperatura 0°C, pressão 760mmHg, a seco

BTPS – Condições corporais, temperatura corporal, pressão ambiente, saturada com vapor d'água

ATPD – Temperatura e pressão ambientais, a seco

ATPS – Temperatura e pressão ambientais, saturada com vapor d'água

VR – Volume residual

VRE – Volume de reserva expiratória

VC – Volume corrente

CV – Capacidade vital

VRI – Volume de reserva inspiratória

CI – Capacidade inspiratória

CRF – Capacidade residual funcional

CPT – Capacidade pulmonar total

CVI – Capacidade vital inspiratória

CVF – Capacidade vital forçada

CVFI – Capacidade vital forçada inspiratória

VEFt – Volume expiratório forçado (cronometrado)

VEFt/CVF% – Razão entre volume expiratório forçado (cronometrado) e capacidade vital forçada

FEF_{x-y%} – Fluxo expiratório forçado médio de um segmento da manobra de CVF

FEF_x% – Fluxo expiratório forçado numa percentagem de volume da CVF

FEF_{máx} – Fluxo expiratório forçado máximo durante a CVF

PFE – Pico de fluxo expiratório

VVM – Ventilação voluntária máxima

TEF – Tempo de expiração forçada

TEF_{x-y%} – Tempo expiratório forçado médio entre dois segmentos de volume da CVF

TEF_{25-75%} é o tempo expiratório forçado médio entre 25 e 75% da CVF. Esta grandeza é expressa em segundos.

Ventilação voluntária máxima (VVM): representa o volume máximo de ar ventilado em um período de tempo por repetidas manobras respiratórias forçadas.

Espirômetros de volume: são equipamentos destinados a medir volumes e fluxos a partir de um sinal primário de volume.

Espirômetros de fluxo: são equipamentos destinados a medir volumes e fluxos a partir de um sinal primário de fluxo.

1. ABNT. Espirômetros – Requisitos, RJ, 1996;1-9.

2. Jardim JRB, Romaldini H, Ratto OR. Proposta para unificação dos termos e símbolos pneumológicos no Brasil. J Pneumol 1983;9:45-51.

1. INTRODUÇÃO

A espirometria (do latim spirare = respirar + metrum = medida) é a medida do ar que entra e sai dos pulmões. Pode ser realizada durante respiração lenta ou durante manobras expiratórias forçadas.

A espirometria é um teste que auxilia na prevenção e permite o diagnóstico e a quantificação dos distúrbios ventilatórios. A espirometria deve ser parte integrante da avaliação de pacientes com sintomas respiratórios ou doença respiratória conhecida.

A espirometria é um exame peculiar em medicina, posto que exige a compreensão e colaboração do paciente, equipamentos exatos e emprego de técnicas padronizadas aplicadas por pessoal especialmente treinado. Os valores obtidos devem ser comparados a valores previstos adequados para a população avaliada. Sua interpretação deve ser feita à luz dos dados clínicos e epidemiológicos^(1,2).

TABELA 1
Espirometria – Testes adequados

Sistema de espirometria (exato, preciso, validade e calibrado)
↓
Curvas obtidas (aceitáveis, reproduzíveis)
↓
Valores de referência (adequados para população)
Avaliação clínica ↓
Interpretação

A responsabilidade para a realização, acurácia e interpretação da espirometria é prerrogativa dos pneumologistas. Médicos generalistas, mesmo treinados, realizam e interpretam frequentemente espirometria de modo inadequado⁽³⁾, de modo que a realização por médicos não especialistas não é recomendada⁽⁴⁾.

REFERÊNCIAS

1. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 1991;144:1202-18.
2. Harber P. Interpretation of lung function tests. In: Simmons DH, editor. Current Pulmonology, St Louis, Mosby, 1991;261-96.
3. Eaton T, Withy S, Garrett JE, et al. Spirometry in primary care practice: the importance of quality assurance and the impact of spirometry workshops. Chest 1999;116:416-23.
4. Hankinson JL. Office spirometry. Does poor quality render it impractical? (Editorial). Chest 1999;116:276-7.

2. TÉCNICA

2.1. GENERALIDADES

A espirometria permite medir o volume de ar inspirado e expirado e os fluxos respiratórios, sendo especialmente útil a análise dos dados derivados da manobra expiratória forçada.

A capacidade pulmonar total (CPT) é a quantidade de ar nos pulmões após uma inspiração máxima. A quantidade de ar que permanece nos pulmões após a exalação máxima é o volume residual (VR). A CPT e o VR não podem ser medidos por espirometria. O volume eliminado em manobra expiratória forçada desde a CPT até o VR é a capacidade vital forçada (CVF). A capacidade vital pode também ser medida lentamente (CV), durante expiração partindo da CPT ou durante a inspiração, a partir do VR. Os volumes e capacidades pulmonares são mostrados na Figura 1.

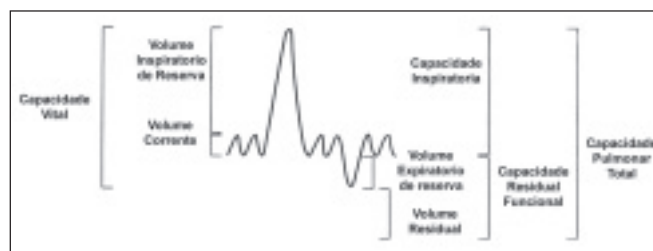


Figura 1 – Volumes e capacidades pulmonares

O volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁) é a quantidade de ar eliminada no primeiro segundo da manobra expiratória forçada. É a medida de função pulmonar mais útil clinicamente. Os resultados espirométricos devem ser expressos em gráficos de volume-tempo e fluxo-volume (Figura 2). É essencial que um registro gráfico acompanhe os valores numéricos obtidos no teste.

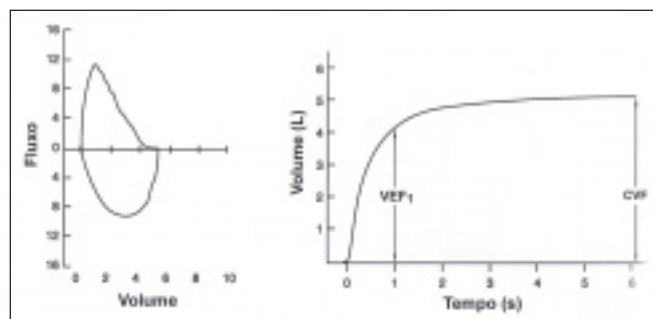


Figura 2 – Curva VT e VF

A curva fluxo-volume mostra que o fluxo é máximo logo no início da expiração, próximo à CPT, havendo redução dos fluxos à medida que o volume pulmonar se aproxima

do VR. Os fluxos no início da expiração, próximos ao PFE, representam a porção esforço-dependente da curva, porque podem ser aumentados com maior esforço por parte do paciente. Os fluxos após a expiração dos primeiros 30% da CVF são máximos após um esforço expiratório modesto e representam a chamada porção relativamente esforço-independente da curva⁽¹⁾. A teoria da limitação da onda é a mais aceita atualmente para explicar estes achados⁽²⁾.

A CVF é o teste de função pulmonar mais importante porque num dado indivíduo, durante a expiração, existe um limite para o fluxo máximo que pode ser atingido em qualquer volume pulmonar.

Como esta curva define um limite para o fluxo, ela é altamente reprodutível num dado indivíduo e, mais importante, o fluxo máximo é muito sensível na maioria das doenças comuns que afeta o pulmão.

Um esforço inicial submáximo será claramente demonstrado na curva fluxo-volume, mas será bem menos evidente na curva volume-tempo (Figura 3). Já a detecção de um fluxo constante próximo ou igual a zero no final da curva expiratória forçada será facilmente perceptível na curva de volume-tempo e será menos evidente na curva fluxo-volume.

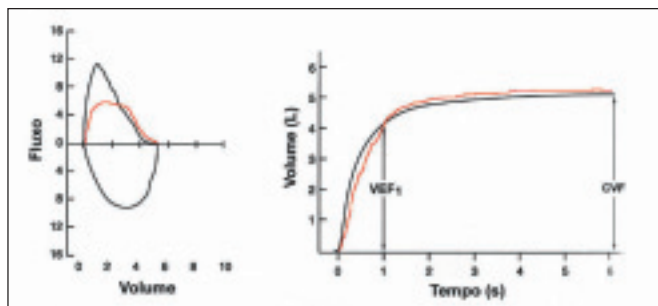


Figura 3 – Curvas e esforços

Provém daí a importância da avaliação da curva fluxo-volume para verificar a colaboração do paciente no início da manobra expiratória e da curva volume-tempo para análise dos critérios do final do teste. Uma vez treinado, o paciente pode reproduzir razoavelmente o esforço máximo expiratório inicial.

Embora os fluxos no meio da curva, como o fluxo expiratório em 50% da CVF ($FEF_{50\%}$), sejam grandemente esforço-independentes, eles dependem em grande parte do volume pulmonar e do tamanho das vias aéreas, sendo estas duas variáveis frouxamente inter-relacionadas (disapense)⁽³⁾. Como resultado, a faixa normal para estes fluxos é bem maior do que as medidas esforço-dependentes, como o VEF_1 e o PFE. Esta desvantagem dos fluxos médios e terminais é parcialmente compensada pela sua

grande alteração na doença, fazendo com que possam ser anormais isoladamente nas fases iniciais de distúrbios obstrutivos^(4,5). Um fluxo médio pode ser aproximado por medidas feitas na curva volume-tempo. O fluxo instantâneo aqui seria derivado da tangente num determinado ponto. Para reduzir erros de aproximação, o fluxo é frequentemente derivado entre dois pontos, como entre 25 e 75% da CVF ($FEF_{25-75\%}$). As limitações e vantagens são semelhantes aos fluxos instantâneos derivados da curva fluxo-volume.

O PFE e o VEF_1 são medidas muito úteis de função pulmonar. O VEF_1 tem maior reprodutibilidade porque é mais esforço-independente, porém a dependência do esforço torna a medida do PFE um bom indicador da colaboração na fase inicial da expiração⁽⁶⁾.

2.2. CAPACIDADE VITAL FORÇADA

A CVF é medida solicitando-se ao indivíduo que depois de inspirar até a CPT expire tão rápida e intensamente quanto possível num espirômetro de volume ou de fluxo. O volume expirado pode ser lido diretamente a partir de um traçado de volume-tempo como produzido num quimógrafo ou derivado da integração de um sinal de fluxo⁽⁷⁾.

2.3. VOLUME EXPIRATÓRIO FORÇADO (VEF_t)

O VEF_t pode ser medido introduzindo-se mecanismos de mensuração de tempo na manobra da CVF em intervalos escolhidos. Normalmente isto é feito registrando-se a CVF num gráfico de papel que se move numa velocidade fixa. O volume expiratório forçado em qualquer intervalo pode ser lido no gráfico como visto na Figura 4.

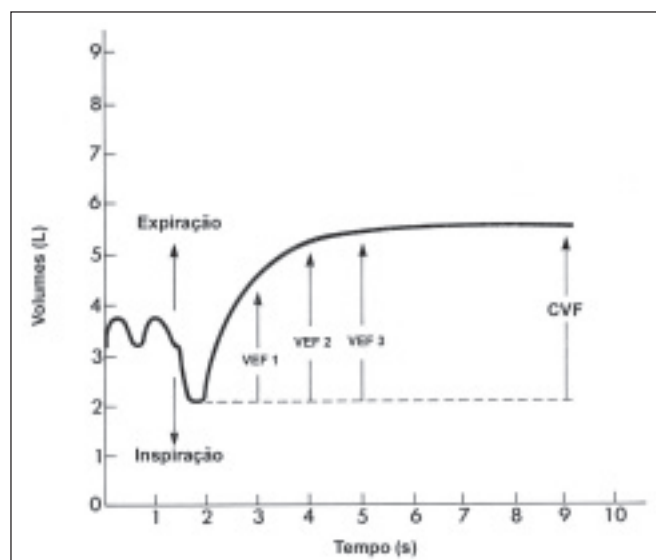


Figura 4 – VEFs

A medida acurada dos intervalos de VEF_t depende da determinação do ponto de início da CVF. A detecção do início do teste é feita pela técnica de retroextrapolação, hoje internacionalmente aceita⁽⁸⁻¹⁰⁾. O método, baseia-se em tomar o trecho mais vertical da curva volume-tempo e por este passar uma reta. A partir do ponto de intersecção com o eixo das abscissas (tempo) traça-se uma reta vertical, que ao tocar a curva determinará o **volume extrapolado** (Figura 5). O valor deste volume não deve exceder **5% da CVF ou 150ml, o que for maior**⁽⁸⁾.

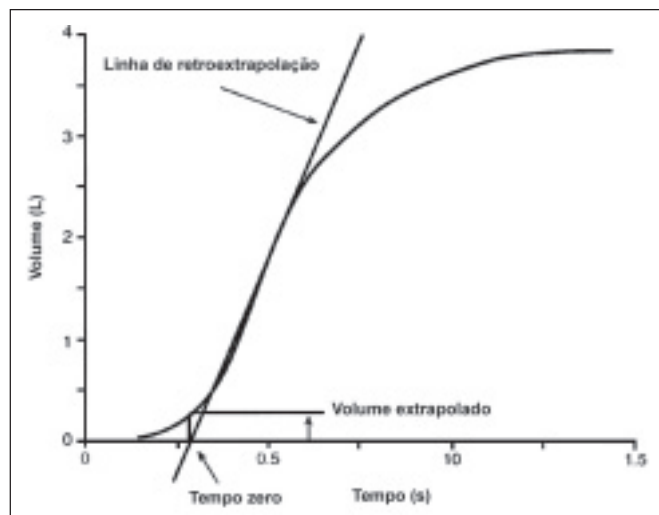


Figura 5 – Retroextrapolação

Espirômetros computadorizados detectam o início do teste após mudança no fluxo ou volume acima de um valor limiar. O computador então armazena os dados de volume e fluxo na memória e gera uma representação gráfica de volume e tempo. Em espirômetros abertos, em que o doente apenas expira no equipamento, a avaliação do início do teste pode ser prejudicada por perda de ar expirado fora do tubo.

Alguns espirômetros portáteis expressam o VEF_t por integração do fluxo expiratório sem um traçado gráfico. Tais medidas devem ser usadas com cautela porque pode ser difícil determinar se a manobra foi feita adequadamente.

Todos os valores de VEF_t devem ser corrigidos para BTPS^(8,10,11).

2.4. RAZÃO VEF_t/CVF OU $VEF_t\%$

O indivíduo realiza a manobra expiratória completa e a CVF e o VEF_t são obtidos. A razão derivada através da equação $VEF_t\% = VEF_t/CVF \times 100$ é calculada.

Os valores relatados para VEF_t e CVF não são necessariamente retirados de uma mesma manobra (ver critérios

adiante). Quando a CV for maior do que a CVF ela pode ser utilizada no denominador^(11,12). Muitos sistemas computadorizados não calculam relações de valores obtidos em diferentes manobras.

2.5. FLUXO EXPIRATÓRIO FORÇADO 25%-75% ($FEF_{25-75\%}$)

O $FEF_{25-75\%}$ é medido a partir da manobra de CVF. Para calcular o $FEF_{25-75\%}$ manualmente, um espirograma volume-tempo é usado⁽⁷⁾. Os pontos nos quais 25 e 75% da CVF foram expirados são assinalados na curva (Figura 6).

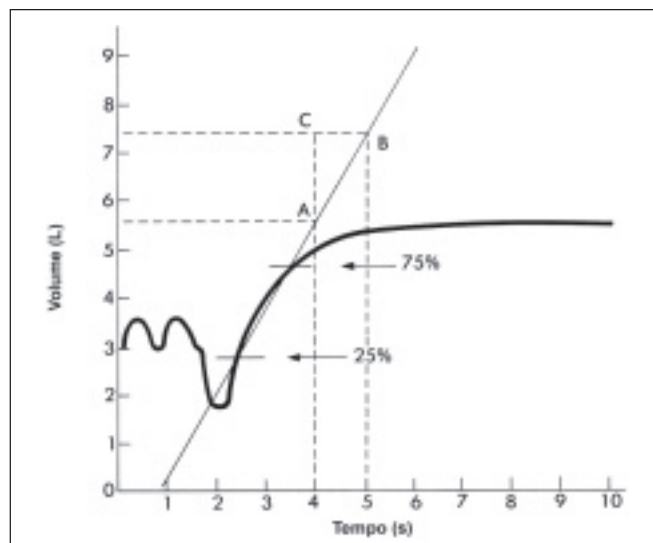


Figura 6 – $FEF_{25-75\%}$

Uma linha reta conectando estes pontos é tomada de maneira que seccione duas linhas de tempo separadas por 1 segundo. O fluxo (L/s) pode ser lido diretamente como a distância vertical entre os pontos de intersecção. A medida computadorizada do $FEF_{25-75\%}$ requer o armazenamento dos dados de volume e fluxo para toda a manobra de CVF. O cálculo do fluxo médio na porção média da curva expiratória é simplesmente o volume expirado dividido pelo tempo requerido entre os pontos 25 e 75%. O $FEF_{25-75\%}$ é dependente da CVF, porém grandes valores do $FEF_{25-75\%}$ podem ser derivadas de manobras que produzem pequenas medidas de CVF. Este efeito pode ser particularmente evidente se um indivíduo termina a manobra de CVF antes de alcançar o volume residual⁽⁷⁾. Quando a CVF muda, por efeito de broncodilatador ou por efeito de doença, a medida do $FEF_{25-75\%}$ também muda por efeito de mudança de volume, já que o fluxo num determinado ponto da curva expiratória é parcialmente dependente do volume pulmonar que por sua vez influencia o calibre das vias aéreas⁽³⁾. Por este motivo a interpretação do valor do $FEF_{25-75\%}$ reduzido deve levar em consideração o valor da CVF;

mantidas as demais condições determinantes do fluxo expiratório (retração elástica, resistência das vias aéreas), a redução do volume pulmonar resultará em medida dos fluxos instantâneos ou do $FEF_{25-75\%}$ em novos pontos da curva, sendo a redução proporcional à perda de volume.

Portanto se o $FEF_{25-75\%}$ é medido longitudinalmente ou após broncodilatador, deveria ser medido no mesmo volume da curva inicial (técnica de isovolume)⁽¹³⁾, porém isto não é feito pelos sistemas informatizados em uso atualmente. Esta técnica pode ser usada com outras medidas de fluxo que são CVF-dependentes. A importância da aquisição destes dados corrigidos é escassa, já que a medida do $FEF_{25-75\%}$ após broncodilatador pouco ou nada acrescenta às medidas da CVF e VEF_1 ^(14,15).

O maior valor do $FEF_{25-75\%}$ não é necessariamente o valor que constará do relatório final. O $FEF_{25-75\%}$, como os demais fluxos, deve ser selecionado da curva com maior soma de CVF e VEF_1 ⁽⁸⁾. Os fluxos devem ser corrigidos para BTPS.

2.6. FLUXO EXPIRATÓRIO FORÇADO MÁXIMO ($FEF_{MÁX}$) OU PICO DE FLUXO EXPIRATÓRIO (PFE)

O PFE poderia ser medido desenhando-se uma tangente na parte mais inclinada da curva volume-tempo, mas o erro desta medida pode ser grande. O PFE é medido mais precisamente por equipamentos que registram diretamente os fluxos ou por derivação do fluxo a partir das mudanças de volume num espirômetro com deslocamento volumétrico. Seja qual for o método, o PFE é representado num gráfico de fluxo-volume. O pico de fluxo inspiratório (PFI) é medido de maneira semelhante. Muitos equipamentos portáteis são disponíveis para medir o fluxo máximo durante uma expiração forçada. O PFE neste caso é expresso em L/min.

2.7. CURVA FLUXO-VOLUME

A curva de fluxo-volume é uma análise gráfica do fluxo gerado durante a manobra de CVF desenhado contra a mudança de volume; é usualmente seguido por uma manobra inspiratória forçada, registrada de modo semelhante (Figura 7).

O fluxo é usualmente registrado em L/s e o volume em L (BTPS). Quando as curvas expiratória e inspiratória são registradas simultaneamente, a figura resultante é denominada alça fluxo-volume. Para realizar as curvas de fluxo-volume o indivíduo realiza uma manobra de CVF inspirando até a CPT e então expirando tão rapidamente quanto possível até o VR. Para completar a alça a manobra da CVF é seguida por uma manobra de CVFI com o indivíduo inspirando tão rapidamente quanto possível do VR até a CPT. O volume é plotado no eixo X enquanto o fluxo é registrado no eixo Y. A partir da alça tanto o PFE quanto o PFI podem ser lidos bem como o valor de CVF. O fluxo

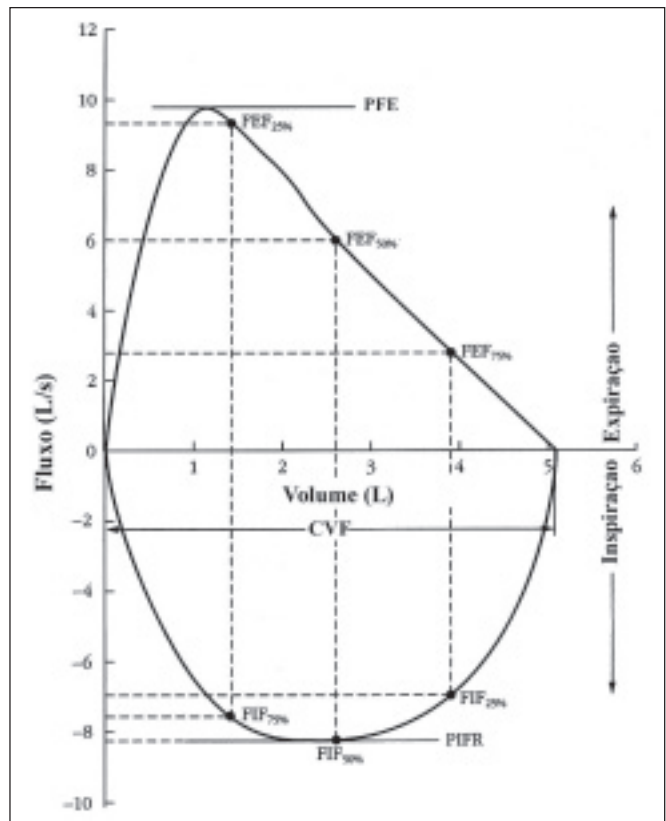


Figura 7 – Alça fluxo-volume

instantâneo em qualquer volume pulmonar pode ser lido diretamente do traçado da curva de fluxo-volume. Os fluxos são habitualmente expressos nos pontos onde determinados volumes já foram eliminados, com a percentagem subscrita referindo-se à CVF – por exemplo $FEF_{75\%}$ refere-se ao fluxo instantâneo máximo após a expiração de 75% da CVF.

Se dispositivos automáticos de tempo são disponíveis no traçado gráfico ou os dados são registrados pelo computador, o VEF_t e o $VEF_t\%$ podem ser determinados para intervalos específicos. O armazenamento pelo computador de várias curvas fluxo-volume permite posteriormente sua superposição e comparação, o que é extremamente útil para avaliação da colaboração do paciente e para avaliar a resposta a broncodilatador e durante os testes de broncoprovocação. Frequentemente também a curva fluxo-volume prevista é desenhada para comparação visual⁽⁷⁾.

REFERÊNCIAS

1. Fry DL, Hyatt RE. Pulmonary mechanics. A unified analysis of the relationship between pressure, volume and gas flow in the lung of normal and diseased human subjects. *Am J Med* 1960;29:672-89.
2. Mead J. Dysanapsis in normal lungs assessed by the relationship between maximal flow, static recoil, and vital capacity. *Am Rev Respir Dis* 1980;121:339-42.

3. Dawson SV, Elliot EA. Wave-speed limitation on expiratory flow – a unifying concept. *J Appl Physiol* 1977;43:498-515.
4. Becklake MR, Permutt S. Evaluation of tests of lung functions for screening for early detection of chronic obstructive lung disease. In: Macklem, et al. *The lung in transition between health and disease*. New York: Marcel Dekker, 1979;345-87.
5. Ferris BG. Epidemiology standardization project III. Procedures for pulmonary function testing. *Am Rev Respir Dis* 1978;118(Suppl 2): 55-88.
6. Krowka MJ, Enright PL, Rodarte J, Hyatt RE. Effect of effort on measurement of forced expiratory volume in one second. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:829-33.
7. Ruppel G. Spirometry and pulmonary mechanics. In: _____. *Manual of pulmonary function testing*. St Louis: Mosby, 1994;43-82.
8. American Thoracic Society. Standardization of spirometry – 1987 Update. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:1285-98.
9. Knudson RJ, Lebowitz MD, Slatin RC. The timing of the forced vital capacity. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:315-8.
10. Cotes JE. Basic equipment and methods. In: _____. *Lung function. Assessment and application in medicine*. 5th ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1993;21-64.
11. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen R, Peslin R, Yearnault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows: report of working party, standardization of lung function tests. European Community for steel and coal – official statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;6(Suppl 16):5-40.
12. American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 Update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1107-36.
13. Boggs PB, Bhat KD, Vekorices WA, Debo MS. The clinical significance of volume adjusted maximal mid expiratory flow (iso-volume FEF_{25-75%}) in assessing airway responsiveness to inhaled bronchodilator in asthmatics. *Ann Allergy* 1982;48:139-42.
14. Berger R, Smith R. Acute postbronchodilator changes in pulmonary function parameters in patients with chronic airways obstruction. *Chest* 1988;93:541-6.
15. Pereira CAC, Sato T, Morrone N. Resposta funcional a broncodilatador – utilidade da CVF e FEF₂₅₋₇₅ (resumo). *J Pneumol* 1984;10(Supl): 113.

3. EQUIPAMENTOS, GRÁFICOS E COMPUTADORES

3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

A medida de volumes e fluxos pode ser conseguida por vários tipos de instrumentos. Estes são divididos em duas grandes categorias: 1) aparelhos que medem diretamente o volume de gás e 2) aparelhos que medem diretamente o fluxo de gás⁽¹⁾.

Todo equipamento tem várias características que devem ser conhecidas⁽¹⁻⁵⁾:

1) *Capacidade* – refere-se a quanto o equipamento é capaz de detectar e a faixa ou limites de mensuração. Num espirômetro de volume isto se refere ao volume mínimo que é capaz de detectar e o volume máximo medido. Num equipamento de fluxo a capacidade refere-se à possibilidade de detectar fluxos baixos e altos e à faixa de mensuração. Ambos os equipamentos também têm uma capacidade de tempo – por quanto tempo o equipamento irá medir o volume ou fluxo durante qualquer teste.

2) *Exatidão ou acurácia* – reflete o grau de concordância entre o resultado da medição e o valor verdadeiro convencional da grandeza medida.

Num equipamento de volume se a injeção de 3L com uma seringa resultar em leitura de 3L o aparelho é acurado para volume. Para medidas de fluxos valores de referências conhecidos podem ser gerados por rotâmetros de precisão de fluxos constantes, por simuladores de CVF e pelo sistema de ondas de CVF computadorizadas desenvolvido por Hankinson⁽⁶⁾. Contudo nenhum equipamento é perfeito e existe usualmente uma diferença aritmética entre os valores de referência conhecidos e os valores medidos; esta diferença é chamada de erro. Quanto maior a acurácia menor o erro e vice-versa.

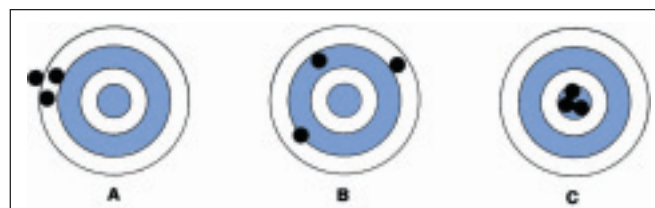


Figura 1 – Acurácia

3) *Precisão* – é sinônimo de reprodutibilidade e é uma medida da confiabilidade do instrumento. Um teste impreciso é um que demonstra resultados largamente variáveis em medidas repetidas. Um aparelho preciso mostra concordância entre os resultados das medidas realizadas nas mesmas condições em curtos períodos de tempo. A analogia clássica do alvo demonstra os conceitos de precisão e exatidão.

Equipamentos informatizados permitem maior precisão dos dados espirométricos em relação aos obtidos por cálculos manuais.

4) *Linearidade* – refere-se à acurácia do instrumento em sua faixa inteira de medida ou sua capacidade. Alguns instrumentos podem ser acurados em fluxos altos mas podem ser menos acurados com fluxos baixos. Para determinar a linearidade deve-se calcular a exatidão e a precisão em diferentes pontos na faixa inteira ou capacidade do equipamento e plotar os valores de referência medidos contra os valores conhecidos num gráfico. A linearidade é mostrada na Figura 2.

5) *Durabilidade* – os equipamentos de função pulmonar são usados em geral com grande frequência e devem ser duráveis para permanecer exatos e precisos.

6) *Débito* – todo instrumento expressa ou comunica os resultados de um teste através de um débito. Várias formas de comunicação existem como gráficos de volume contra tempo, fluxo contra volume, mostruário digital, etc. Um computador é freqüentemente utilizado para proces-

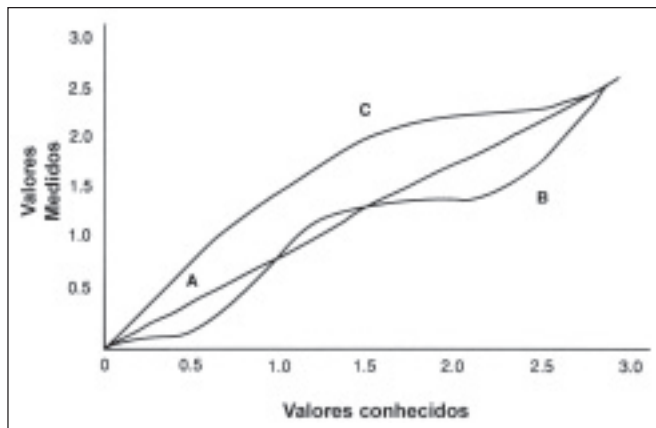


Figura 2 – Gráfico de linearidade

sar e expressar os resultados. Alguns instrumentos têm mais de um tipo de débito. Alguns equipamentos expressam apenas a CVF e VEF₁ e sua relação; outros derivam inúmeras variáveis da manobra expiratória forçada. Alguns equipamentos expressam os resultados em temperatura ambiente (ATPS); outros em condições de temperatura corporal (BTPS).

7) Outras características importantes são a simplicidade de operação e a capacidade de limpeza e assepsia.

3.2. TIPOS

Abertos e fechados

Os sistemas para espirometria podem ser classificados em “abertos” e “fechados”. O termo “aberto” é usado quando o indivíduo realiza uma inspiração máxima fora do sistema, antes de colocar o tubete na boca e expirar. Nos sistemas “fechados” o indivíduo inspira e expira no equipamento.

Volume e fluxo

Espirômetros com deslocamento de volume

Estes aparelhos são simples e precisos para medidas de volumes, porém, devido à movimentação das partes mecânicas, as forças de inércia, fricção e momento e o efeito da gravidade devem ser minimizados para que as medidas dos volumes e fluxos sejam exatas e precisas.

Cada espirômetro tem um “fator de campânula”, que representa a distância vertical movida por unidade de volume (mililitros ou litros). O volume pode ser registrado em papel. Um potenciômetro pode ser ligado ao sistema; o débito analógico gerado pelo potenciômetro (em volts) é proporcional ao movimento da campânula. O sinal analógico é usualmente digitalizado através de um conversor e pode ser então manipulado diretamente por um computador⁽⁷⁾.

Os espirômetros de volume recebem gás exalado dos pulmões, que é eliminado à temperatura corporal (37°C)

e plenamente saturado com vapor d’água. À medida que o gás é exalado, ele tende a se resfriar à temperatura ambiente; de acordo com a lei de Charles, à medida que a temperatura decresce o volume também diminui. À medida que o gás resfria, uma parte do vapor d’água condensa e forma partículas de água, que causa uma perda de volume adicional⁽⁸⁾. Correções das condições de medida para as condições corporais são necessárias para medidas acuradas dos volumes de gás e fluxos pelos espirômetros de deslocamento de volume, embora a validade da correção por alguns espirômetros tenha sido questionada^(9,10). Todos os volumes registrados são rotineiramente convertidos das condições ambientais (ATPS) para as condições corporais (BTPS), de modo que o volume atual exalado ou inalado pelo indivíduo possa ser calculado^(11,12). A temperatura é medida por um termômetro que deve estar colocado dentro do equipamento⁽¹³⁾. Alguns espirômetros expressam os valores obtidos nos gráficos para uma temperatura constante, de 25°C, o que é inaceitável.

EXISTEM TRÊS TIPOS DE ESPIRÔMETRO DE VOLUME^(5,8):

1) *Espirômetros selados em água*: Consistem de uma campânula grande (7 a 10L) suspensa num reservatório de água com a extremidade aberta da campânula abaixo da superfície da água. Um sistema de tubos dá acesso ao interior da campânula e medidas precisas de volumes podem ser obtidas.

Dois tipos de espirômetros selados em água, o compensado por peso e o Stead-Wells, foram desenvolvidos. O espirômetro compensado por peso empregava uma campânula metálica contrabalançada por peso (devido a sua inércia) por um sistema de roldanas, e um quimógrafo com velocidade variável. Devido à sua inércia (mesmo com tentativas de compensação), o registro dos fluxos era incorreto, daí seu abandono⁽¹⁴⁾. O espirômetro Stead-Wells (Figura 3) emprega uma campânula de plástico leve, sem peso para contrabalanço, que flutua bem na água. As excursões respiratórias defletem a pena na mesma direção da campânula. A expiração é registrada para cima no gráfico volume-tempo.

As vantagens primárias dos espirômetros em selo d’água são sua simplicidade e exatidão. Traçados mecânicos diretos podem ser obtidos e comparados aos obtidos pelo computador para comparação ou para calibração e controle de qualidade. As desvantagens são que não podem ser facilmente transportados e requerem drenagem periódica da água e a limpeza é mais complicada.

O espirômetro do tipo Stead-Wells é bastante preciso⁽¹⁵⁾. A versão atual do espirômetro do tipo Stead-Wells usa uma campânula de plástico leve com um selo de borracha no lugar da água (Figura 3).

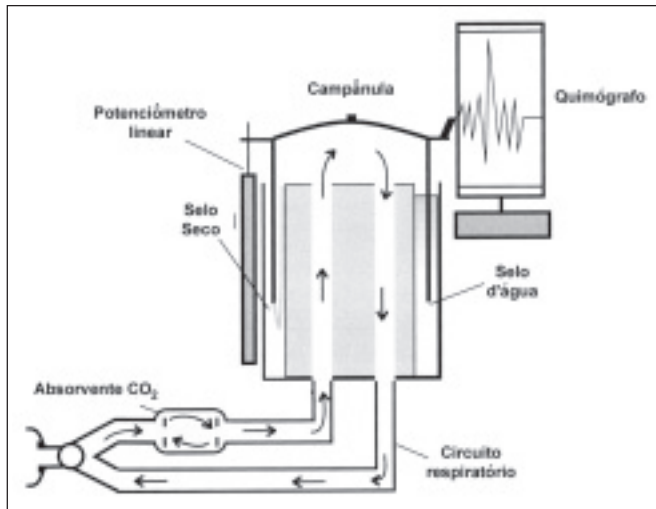


Figura 3 – Espirômetro d'água

Os problemas encontrados nos espirômetros de selo d'água usualmente provêm de vazamentos na campânula ou no circuito de respiração. A gravidade faz com que o espirômetro perca volume na presença de tais vazamentos. O vazamento geralmente irá resultar em redução da CVF com pouca ou nenhuma alteração do VEF₁; o padrão funcional resultante poderá ser interpretado erroneamente como restritivo ou combinado^(16,17). O sistema deve ser vedado periodicamente e pesos colocados sobre a campânula com registro do traçado por um minuto ou mais, para detecção de vazamentos.

A manutenção dos espirômetros de água inclui drenagem de rotina da água e checagem para rachaduras ou vazamentos na campânula. A limpeza envolve a substituição das traquéias e peças bucais após cada teste individual. Embora o gás do indivíduo entre em contato direto com a água no espirômetro, contaminação cruzada é rara.

2) *Espirômetro de pistão*: Uma unidade típica consiste de um pistão leve montado horizontalmente num cilindro. O pistão é sustentado por uma haste que repousa em suporte sem atrito (Figura 4).

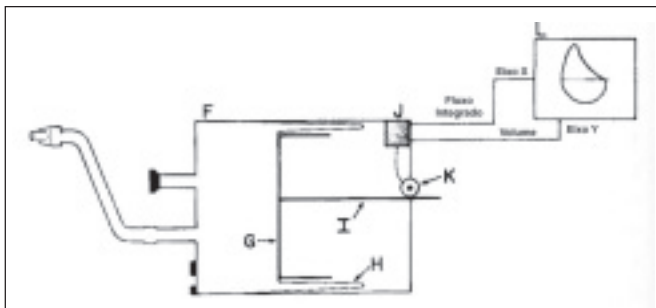


Figura 4 – Espirômetro do tipo pistão

O pistão tem uma grande área de superfície, de modo que seu movimento horizontal é pequeno. O pistão é acoplado à parede do cilindro por um selo macio, flexível e rolante. A resistência mecânica ao deslocamento é mínima. Alguns espirômetros de pistão permitem registro gráfico, mas a maioria utiliza um potenciômetro linear ou rotatório ligado a um conversor AD e computador.

Existem sistemas horizontais e verticais. Os espirômetros de pistão são em geral exatos. Estes aparelhos têm também a vantagem da realização de testes manuais e computadorizados. A despeito de seu grande tamanho, podem ser mais facilmente transportados do que os de água. As desvantagens são: aumento da resistência do pistão e desenvolvimento de rigidez do sistema de rolamento com o uso; a limpeza envolve o desmonte do sistema e deve ser feita sem uso de álcool. O sistema deve ser periodicamente avaliado para detectar vazamentos.

3) *Espirômetros de fole*: Um terceiro tipo de espirômetro de deslocamento de volume é o de fole ou de cunha. Ambos consistem de foles que se doblam e desdobram em resposta às excursões respiratórias. O fole convencional é semelhante a um acordeão (Figura 5).

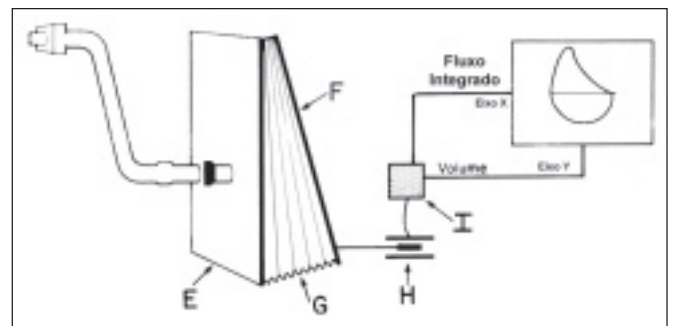


Figura 5 – Espirômetro de fole

Uma extremidade é fixa enquanto a outra é deslocada em proporção ao volume inspirado ou expirado. O tipo cunha opera de modo semelhante, exceto que se contrai e se expande como um leque. Um lado permanece fixo enquanto o outro lado se move. O deslocamento do fole por um volume de gás é traduzido por um sistema de registro mecânico ou ligado a um potenciômetro. Para registro mecânico, o papel se move numa velocidade fixa sob a pena, enquanto o espirograma é traçado.

O sistema pode ser horizontal ou vertical. Alguns espirômetros de fole, especialmente aqueles que são montados verticalmente, são construídos especificamente para medida dos fluxos expiratórios (sistemas abertos). Devido a que são influenciados pela gravidade, alguns aparelhos têm mecanismos de compensação. Estes tipos se expandem para cima quando o gás é injetado e então se esva-

ziam espontaneamente sob seu próprio peso. Os sistemas horizontais permitem medidas tanto da expiração quanto da inspiração (sistema fechado) e, portanto, da alça fluxo-volume.

O fole é comumente composto de um material mole ou complacente, de borracha, silicone ou polivinilcloreto (PVC), que é importante para minimizar a inércia e o atrito dos movimentos do fole. A complacência do fole pode ser dependente da temperatura; ambientes frios podem diminuir a complacência e ambientes quentes podem aumentá-la. Foles compostos de polietileno são menos influenciados pela temperatura⁽⁸⁾.

A maioria dos espirômetros do tipo fole é exata para medidas de fluxo e volume. Após múltiplas expirações num espirômetro de fole, as dobras podem tornar-se úmidas, pegajosas, resultando em desdobramento desuniforme, com resultante não linearidade. Este problema pode ser minimizado deixando-se o fole expandido periodicamente. Testes para vazamentos devem ser feitos periodicamente, com sistema semelhante ao usado para os espirômetros de água. Limpeza periódica do fole deve ser feita de acordo com cada equipamento.

Espirômetros baseados em fluxo

O fluxo é medido diretamente e integrado eletronicamente para medida do volume. Espirômetros com sensores de fluxos usam vários princípios físicos para produzir um sinal proporcional ao fluxo de gás. Estes equipamentos são também chamados de pneumotacômetros ou pneumotacógrafos, embora este nome deva ser reservado para aparelhos que usam o princípio descrito por Fleisch.

São geralmente aparelhos menores e mais leves, e mais dependentes da eletrônica do que os aparelhos de volume.

Integração é um processo no qual o fluxo (isto é, volume por unidade de tempo) é dividido num grande número de pequenos intervalos (isto é, tempo) e o volume de cada intervalo é somado (Figura 6)⁽⁵⁾.

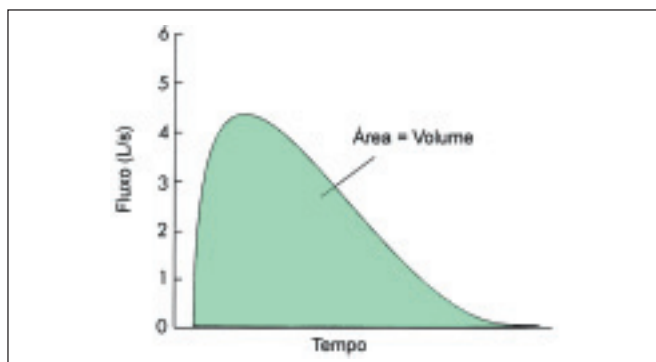


Figura 6 – Integração de fluxo

Integração pode ser realizada facilmente por um circuito eletrônico. Determinação acurada dos volumes por integração do fluxo requer sinais de fluxos acurados, medidas de tempo precisas e detecção sensível de fluxos baixos.

QUATRO TIPOS BÁSICOS DE ESPIRÔMETROS DE FLUXO SÃO DISPONÍVEIS^(8,18):

1) *Sensores de fluxo de pressão diferencial (pneumotacômetros)* – O equipamento original foi descrito por Fleisch em 1925; desde então, ocorreram várias modificações numa tentativa de melhorar a concepção original. Todos estes aparelhos medem uma diferença de pressão através de uma resistência muito baixa. As novas modificações ocorreram na estrutura e nos materiais usados para criar a resistência. A medida do fluxo é derivada da queda de pressão através do sistema, pela lei de Poiseuille. Se a resistência é conhecida, constante e baixa o suficiente, de modo que o fluxo não seja limitado durante a expiração contra a resistência, haverá um pequeno mas mensurável aumento de pressão. Durante a inspiração existirá uma pequena redução da pressão no lado proximal da resistência. Um transdutor diferencial de pressão é usado para medir a mudança de pressão através da resistência e os fluxos são calculados dividindo-se as pressões pelo valor da resistência (Figura 7).

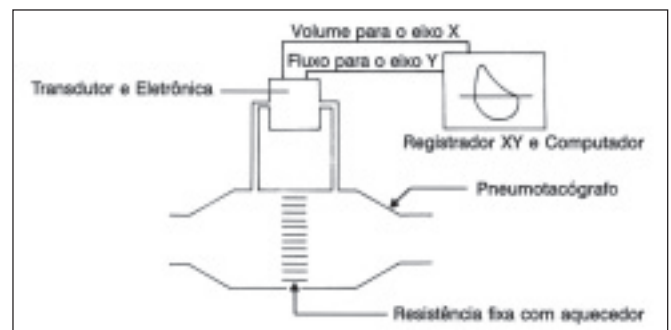


Figura 7 – Pneumotacógrafo

O princípio do pneumotacômetro de medida é válido para medida de fluxo laminar, mas a presença de fluxos turbulentos cria pressões elevadas imprevisíveis e medidas incorretamente altas. Instrumentos foram concebidos para minimizar a turbulência, como adaptadores em forma de cone. Linearizadores eletrônicos que reduzem o ganho do transdutor de pressão em fluxos elevados são também usados para compensar a turbulência.

O pneumotacômetro de Fleisch é considerado o padrão, porém aproximadamente metade dos espirômetros nele baseados são imprecisos⁽¹⁹⁾. A resistência é criada respirando-se através de um feixe de tubos capilares de

metal. O sistema é aquecido para impedir a condensação dentro dos tubos capilares, o que pode acarretar erros de leituras. Várias modificações foram feitas no equipamento original^[18]. A primeira consistiu na substituição dos tubos capilares com um sistema de uma ou três telas aquecidas de aço inoxidável (pneumotacômetro de Silverman ou Rudolph ou Lilly). A tela do meio é que dá a resistência, a primeira impedindo o impacto de material particulado e auxiliando na criação de fluxo laminar. A tela externa deve ser limpa com frequência.

Outros espirômetros utilizam novos tipos de elementos resistivos, como papel poroso, de modo que o sensor de fluxo é descartável. Tipicamente, estes aparelhos têm a pressão medida apenas a montante. A acurácia destes sistemas depende do cuidado na fabricação dos elementos resistivos descartáveis.

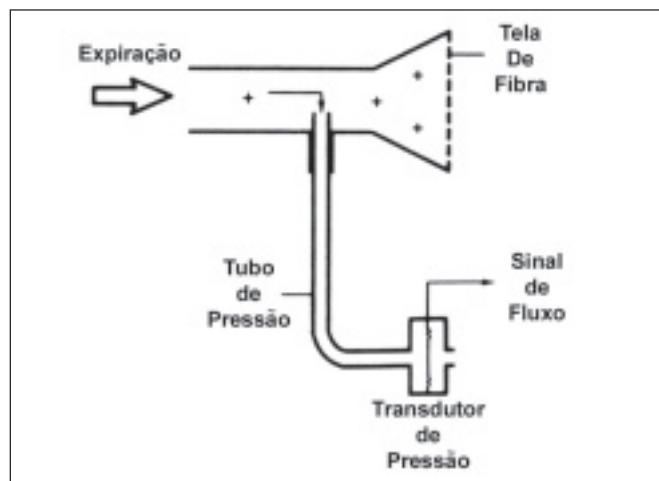


Figura 8 – Pneumotacógrafo de tela

Outros equipamentos sensores de fluxo baseiam-se em termístores, análise ultra-sônica ou derivam valores por giro de turbinas^(5,8).

2) *Termístores* – Uma segunda maneira de medir o fluxo utiliza a convecção térmica ou transferência de calor de um objeto quente para o fluxo de gás. Os equipamentos que utilizam este princípio são denominados termístores. Nestes dispositivos, um ou dois fios metálicos, uma esfera ou uma membrana são aquecidos e mantidos em temperaturas elevadas. O fluxo de gás remove calor do objeto quente; quanto maior o fluxo, maior a transferência de calor (Figura 9). A quantidade de corrente elétrica necessária para manter a temperatura constante do objeto quente é proporcional à taxa de fluxo. O desempenho do sistema é melhor quando o fluxo é laminar, porque a transferência de calor é mais linear e previsível.

Fluxo turbulento é minimizado colocando-se o sensor de fluxo longe da boca e conectado à peça bucal por tu-

bos longos e largos. Este tipo de equipamento pode medir fluxo expiratório e inspiratório, mas não distingue a direção do fluxo.

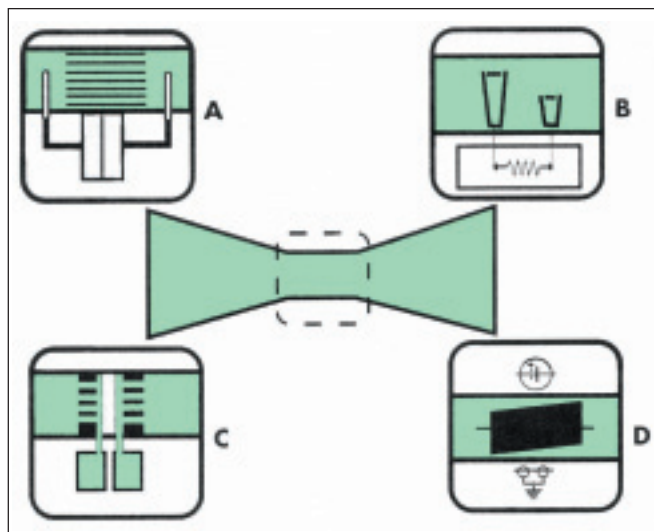


Figura 9 – Sensores de fluxo

3) Um terceiro tipo de sensor de fluxo utiliza o *princípio de Pitot*. Um pequeno tubo em L é colocado na corrente do gás dentro de um tubo maior onde o fluxo é laminar (Figura 9). O fluxo de gás para dentro do tubo de Pitot gera uma pressão que é proporcional ao fluxo. A linearidade e correção para composição do gás são compensadas, ou eletronicamente ou pelo *software* do computador. O fluxo é integrado para obtenção do volume, como nos outros sensores de fluxo.

4) *Turbinômetros* – O quarto princípio para medida de fluxo usa um efeito de moinho de vento. De modo semelhante ao vento girando um moinho, o fluxo aéreo através do sensor faz com que uma turbina, lâmina, hélice ou engrenagem oscile ou gire; quanto mais rápido o fluxo, mais rápidas as oscilações ou os giros (Figura 9).

Devido ao componente móvel, inércia, fricção e momento são fatores que devem ser minimizados nestes instrumentos. Num esforço para reduzir estes fatores, elementos leves e lubrificantes são usados, mas podem ocorrer medidas erroneamente elevadas devido ao excesso de momento, o que faz com que a turbina continue a girar após o término da expiração. Espirômetros de turbina são frequentemente inacurados. O sistema mede os fluxos dentro de certos limites. Um fluxo mínimo é necessário para iniciar os giros e um fluxo máximo não deve ser excedido porque o elemento giratório não pode rodar suficientemente rápido, pode ser danificado e irá indicar medidas errôneas.

Os turbinômetros podem ser eletrônicos ou mecânicos; nos eletrônicos, cada rotação ou oscilação da turbina ou lâmina interrompe ou reflete um raio de luz focalizado numa célula fotoelétrica. Cada interrupção ou reflexão cria um pulso de eletricidade, o qual é contado por um circuito diagnóstico, e cada pulso de corrente representa um volume de gás. Os resultados são expressos de modo digital.

Os espirômetros com sensores de fluxo oferecem algumas vantagens sobre os sistemas de deslocamento de volume^(2,5): 1) tamanho menor, permitindo equipamentos portáteis; 2) devido a que a maioria dos sensores requerem circuito eletrônico para integração do sinal do fluxo, ou somação de pulsos de volume, os espirômetros baseados em fluxo são usualmente controlados por microprocessadores. A maioria utiliza computadores para obtenção dos traçados. Computadores portáteis ou *laptops* podem ser utilizados; 3) a maioria dos sensores de fluxo podem ser facilmente limpos e desinfetados; 4) estes espirômetros medem o fluxo diretamente e, portanto, têm a vantagem teórica de medir todos os fluxos mais acuradamente, incluindo o PFE. Já os espirômetros de volume devem diferenciar o volume, para derivar o fluxo, e os resultados de fluxos são muito dependentes do método usado para sua derivação. Por exemplo, qualquer filtro de baixa passagem do sinal volume-tempo pode reduzir o valor do pico de fluxo obtido. Em adição, o valor de pico de fluxo obtido pode ser reduzido se um segmento maior volume-tempo é usado para derivar o fluxo. O método recomendado para derivar o fluxo a partir da curva volume-tempo deve usar um segmento de 80 milissegundos da curva volume-tempo; 5) em teoria, os espirômetros de fluxo são capazes de medir o mesmo em verdadeiras condições de BTPS, desde que o sensor seja aquecido ou desde que o fluxo medido antes que o gás passe através do sensor seja resfriado. Infelizmente, alguns espirômetros de fluxo não usam sensores aquecidos e a correção apropriada do fator BTPS pode ser difícil de derivar. Além disso, mesmo com sistemas de aquecimento poderão resultar fatores de correção inacurados.

As desvantagens dos equipamentos sensores de fluxo são: 1) a maioria opera com a premissa de que um dado fluxo irá gerar um sinal proporcional. Entretanto, em extremos de fluxo o sinal gerado pode não ser proporcional. Quase todo dispositivo sensor de fluxo exhibe alguma não linearidade, porém esta deve existir na faixa de fluxos obtidos pelos testes. A maioria dos espirômetros baseados em fluxo linearizam o sinal de fluxo eletronicamente ou por meio de correções dadas pelos *softwares*; 2) os resultados de quaisquer medidas feitas com sensores de fluxo irão depender do circuito eletrônico que converte o sinal bruto em volume ou fluxo real. Os parâmetros de função pulmonar com base temporal, tais como o

VEFt ou FEF_{25-75%}, requerem mecanismos de tempo precisos, bem como medidas acuradas de fluxo. O mecanismo de tempo é crítico na detecção do início e final do teste. O registro de tempo é usualmente deflagrado por uma mudança mínima de fluxo ou pressão. A integração do sinal de fluxo começa quando o fluxo através do espirômetro alcança um valor limiar, usualmente em torno de 0,1 a 0,2L/s. Instrumentos que iniciam a contagem de tempo em resposta a pulsos de volume usualmente têm um limiar semelhante.

Contaminação dos elementos resistivos, termístores ou hélices das turbinas por umidade ou outros *debris* pode alterar as características dos sensores de fluxo do transdutor e interferir com a capacidade do espirômetro para detectar o início ou final do teste. A injeção com seringas de volume conhecido (ex. 3L) em fluxos altos e baixos pode revelar volume abaixo do esperado e testar a capacidade de detecção do início e/ou final do teste.

Problemas relacionados ao “*drift*” eletrônico requerem que os sensores de fluxos sejam calibrados freqüentemente. Muitos sistemas zeram o sinal de fluxo imediatamente antes das medidas. A maioria dos sistemas utiliza uma seringa de 3L para calibração. A acurácia do sensor de fluxo e do integrador pode ser verificada calibrando-se com um sinal de volume.

Talvez a desvantagem mais significativa dos espirômetros de fluxo seja a resultante do efeito de um pequeno erro na estimativa do fluxo zero, o que irá acarretar erro de leitura no volume, particularmente na CVF. Para derivar o volume, o fluxo deve ser integrado com respeito ao tempo e um pequeno erro no fluxo zero é somado durante o tempo expiratório na manobra da CVF. Por exemplo, se o fluxo zero é incorretamente medido como 20ml/s, a CVF medida durante uma manobra com duração de 15s será 300ml (20ml/s x 15s), maior do que a verdadeira CVF. Para reduzir a magnitude deste erro potencial, alguns espirômetros de fluxo terminam a manobra precocemente, algumas vezes prematuramente.

Sensores descartáveis de fluxo são algumas vezes comercializados para reduzir as preocupações de transmissão de doenças infecciosas dos espirômetros para os indivíduos. Contudo, o risco de contaminação cruzada com espirômetros de volume é desprezível e a acurácia dos sensores descartáveis deve ser verificada com cada mudança de sensor.

3.3. REQUISITOS PARA EQUIPAMENTOS

Diversas sociedades internacionais e a ABNT estabeleceram padrões para os espirômetros em relação à sua capacidade, acurácia, erro, linearidade e registros gráficos^(1,12,20-23). Vários modelos de espirômetros não preenchem os padrões mínimos exigidos^(19,24,25) e antes de sua

aquisição deve-se certificar se foram testados e aprovados por sociedades ou laboratórios de referência.

Nos últimos anos surgiram “espirômetros de bolso” com boa acurácia, porém não devem ser usados para propósitos diagnósticos, para vigilância de doença ocupacional, avaliações de incapacidade ou propósitos de pesquisa⁽²⁶⁾.

Quando a CVF e o VEF_1 são medidos, o equipamento deve ser capaz de medir volumes de ar de pelo menos 7 litros, medir fluxos entre 0 e 12L/s e ter menos de 3% ou 50ml de erro de medida em relação a um valor de referência, o que for o maior. Quando a CV for medida, o espirômetro deve ser capaz de acumular volume por até 30s; na medida da CVF, a capacidade tempo deve ser de no mínimo 15s. Um espirômetro que mede fluxo deve ser 95% acurado (ou dentro de 0,2L/s, o que for maior), na faixa inteira de fluxo de 0 a 12L/s.

Um resumo das recomendações é mostrado na Tabela 1.

A capacidade dos espirômetros de acumular volume deve ser de no mínimo 7L⁽²⁰⁾ e idealmente deve ser ainda maior em espirômetros de volume de circuito fechado⁽¹²⁾. A CV irá exceder 7L em casos excepcionais^(27,28). Fluxo expiratório máximo acima de 12L/s é visto menos raramente, mas ainda assim é incomum. A acurácia mínima de $\pm 3\%$ da leitura ou $\pm 0,05L$, seja qual for maior, foi sugerida porque os coeficientes de variação em diferentes dias foram de 3% ou menos para a CVF e VEF_1 ⁽²⁷⁾.

O tempo de leitura de 15s visa garantir que o equipamento seja capaz de medir a CVF real. Em portadores de

obstrução acentuada ao fluxo aéreo, a CVF pode não ter sido completada neste tempo, porém manobras muito prolongadas são desconfortáveis e acrescentam pouca informação.

Maior tolerância para a exatidão do $FEF_{x-y\%}$ se deve ao fato de serem feitas duas medidas de volume e de tempo. No caso dos fluxos instantâneos, a não existência de um método de calibração suficientemente adequado, para aferição de pneumotacógrafos, e os problemas de erros sistemáticos tornam a exatidão de $\pm 5\%$ aceitável⁽¹⁾.

Os espirômetros devem fornecer um registro gráfico de tamanho suficiente para análise e eventuais cálculos manuais.

3.4. GRÁFICOS ESPIROMÉTRICOS^(1,20)

Recomenda-se que todo equipamento, mecânico, microcontrolado ou microprocessado, seja capaz de gerar as curvas espirométricas na forma impressa. Esta recomendação é obrigatória para testes realizados com fins legais e é altamente desejável para o médico que recebe o resultado do exame. Este requisito se deve a três propósitos básicos: 1) *Controle de qualidade* – verificação de teste feito corretamente; 2) *Validação* – os registros servem para validar a acurácia do equipamento e do programa do computador utilizado pelo mesmo. Neste caso os cálculos manuais podem ser comparados aos fornecidos pelo sistema; 3) *Cálculo manual* – na ausência de sistema computadorizado, os valores serão calculados por meios gráficos.

TABELA 1
Recomendações para equipamentos de espirometria

Teste	Amplitude/Acurácia (BTPS-L)	Faixa de fluxo (L/s)	Tempo (s)	Resistência e pressão retrógrada
CV	7L $\pm 3\%$ da leitura ou 50ml*	0-12	30	
CVF	7L 0 3% da leitura ou 50ml*	0-12	15	Menos de 1,5 cmH ₂ O/L/s de 0-12L/s
VEF_1	7L \pm da leitura ou 50ml*	T		
Tempo zero	O ponto inicial da medida do VEF_1		Determinado por extrapolação retrógrada	
$FEF_{25-75\%}$	7L \pm ou 200ml/s*	0-12	15	Idem VEF_1
$FEF_{x\%}$	12L/s $\pm 5\%$ ou 200ml/s*	0-12	15	Idem VEF_1

* Escolher a variação maior, percentual ou numérica.

Obs.: A amplitude de volume ideal deve ser 8L e a faixa de fluxo 14L/s

Os espirômetros microcontrolados ou microprocessados, sem inscrição direta por quimógrafo, devem utilizar impressoras gráficas com resolução mínima adequada às condições de validação e cálculos manuais. Os espirômetros mecânicos devem utilizar papel milimetrado específico.

Curvas volume-tempo

1) Escala de volume

As curvas volume *vs* tempo devem seguir as seguintes escalas de volume, de acordo com sua finalidade: *a) Diagnóstica* – a escala deve ser de no mínimo 10mm/L (BTPS), de modo a possibilitar a visualização das curvas; *b) Validação e cálculos manuais* – a escala deve ser no mínimo de 20mm/L (BTPS), de modo a possibilitar a validação do equipamento e exatidão nos cálculos manuais ao se obter os valores por meio gráfico de um exame.

2) Escala de tempo

As curvas volume *vs* tempo quando impressas ou mostradas em terminais gráficos devem, pelo menos, estar em conformidade com as seguintes escalas de tempo para cada condição: *a) Diagnóstico* – a escala deve ser de pelo menos 10mm/s, de modo a possibilitar a visualização das curvas; *b) Validação e cálculos manuais* – a escala deve ser de pelo menos 20mm/s, embora uma escala de 30mm/s seja recomendada.

Para os equipamentos microprocessados ou microcontrolados, a taxa de amostragem do sinal, a resolução temporal e os filtros de alisamento são pontos importantes do projeto do equipamento.

Curvas fluxo-volume

Quando uma curva fluxo-volume é impressa ou exibida em terminal gráfico, o fluxo deve estar no eixo vertical, enquanto o volume deve estar no eixo horizontal. Deve existir entre as escalas de fluxo e volume, respectivamente, um fator tal que, por exemplo, 2L/s de fluxo e 1L de

volume correspondam à mesma distância no gráfico em seus respectivos eixos. As escalas mínimas para fluxo-volume devem satisfazer os limites mínimos contidos na Tabela 2.

3.5. COMPUTADORES

Todos os laboratórios de função pulmonar deveriam ter equipamentos informatizados, porque eles podem realizar eficientemente as tarefas envolvidas nos testes de função pulmonar^(1,2,7,29-33).

As vantagens da computação no laboratório de função pulmonar incluem: 1) menor número de erros de cálculo; 2) calibrações realizadas mais consistentemente; 3) redução na variabilidade de medidas repetidas; 4) o tempo para obtenção final dos testes é reduzido dramaticamente para o paciente e o técnico; 5) procedimentos padronizados são seguidos; 6) armazenamento e recuperação de exames prévios para comparação de maneira rápida e eficiente; 7) a repetição de testes esforço-dependentes ou com resultados questionáveis é prático porque a computação permite a inspeção imediata das medidas; 8) impressão de relatórios e gráficos.

As desvantagens da computação dos testes de função pulmonar incluem: 1) compreensão e interação menor por parte dos técnicos. Este problemas podem resultar em dados inválidos se os resultados gerados por computador nunca são questionados^(34,35); 2) muitos sistemas computadorizados aumentam a complexidade do teste; 3) custo maior; 4) maior necessidade de treinamento dos técnicos; 5) incapacidade do usuário de atualizar e corrigir os *softwares*.

Vários níveis de computação podem ser associados aos espirômetros:

1) Espirômetros microprocessados – são os equipamentos que utilizam microprocessadores para realizar cálculos e controlar várias funções do instrumento, como a exibição digital dos dados. Numero espirômetros portáteis de pequeno porte utilizam este sistema.

TABELA 2
Escalas mínimas para gráficos de volume, fluxo e tempo para medidas espirométricas diagnósticas e de validação e cálculos manuais

	Diagnóstico		Validação/Cálculos manuais	
	Curva Volume-tempo	Curva Fluxo-volume	Curva Volume-tempo	Curva Fluxo-volume
Volume (mm/L)	10	5	20	10
Fluxo (mm/L/s)	–	2,5	–	5
Tempo (mm/s)	10	–	20 pelo menos (ideal 30)	–

2) Espirômetros microcontrolados – são equipamentos fisicamente integrados no qual estão contidos elementos de transdução, circuitos eletrônicos e programa de controle e tratamento do sinal. O sistema microcontrolado usualmente inclui um disco com programas para aquisição e armazenamento de dados, um monitor de alta resolução e uma impressora. Microcomputadores do tipo “laptop” ou “notebooks” estão se tornando populares com equipamentos de sensores de fluxos para uso portátil.

Em alguns locais, sistemas de maior porte como mini-computadores são utilizados.

O computador realiza duas tarefas básicas⁽²⁾: a primeira é a entrada de uma série de dados do espirômetro para a memória do computador. Esta entrada representa o volume ou o fluxo instantâneos em pequenos intervalos separados de tempo depois do reconhecimento do início do teste; a segunda é o processamento numérico – isto é, os cálculos dos vários índices espirométricos, determinação dos valores previstos a partir de equações de regressão e o relatório final de acordo com o formato determinado pelo programa.

A vantagem primária do sistema computadorizado de função pulmonar é a capacidade de processar sinais analógicos de vários transdutores, tais como espirômetros e pneumotacômetros, para automaticamente adquirir os dados. A aquisição dos dados e o controle do instrumento são implementados por meio de uma interface entre o computador e os vários tipos de equipamentos de função pulmonar.

Um dos equipamentos primários usados para interfacear o sistema de função pulmonar ao computador é o conversor analógico digital (CAD). O CAD aceita um sinal analógico e o transforma num valor digital. O sinal analógico é usualmente uma voltagem na faixa de 0 a 10 volts ou -5 a +5 volts. Os CADs são classificados pelos números de *bits* para os quais eles convertem os sinais. Quanto maior o número de *bits*, maior a resolução do sinal de entrada. Os CADs devem ser de pelo menos 10 *bits*, o que possibilita 1.024 pontos e uma resolução de 0,008 a 0,016 litros, embora conversores de 12 *bits* sejam recomendados porque possibilitam 4.096 pontos e uma resolução de 0,002L a 0,004L. Não devem ser usados conversores de 8 *bits*. Em adição à resolução do CAD, a taxa na qual os dados são amostrados (taxa de amostragem do CAD) afeta a acurácia dos dados obtidos, o que é necessário para análise de testes em que o sinal muda rapidamente, como a manobra expiratória forçada. Se uma série de medidas de fluxos instantâneos for integrada para calcular o volume, o valor instantâneo será o fluxo médio entre as conversões. Cada conversão requer alguns *bytes* de memória. Isto não representa dificuldade para sistemas com mais de 8K de memória, mas pode ser excessivo

para um pequeno sistema dedicado. Se a taxa de amostragem pode ser reduzida sem perda inaceitável de acurácia, existe, não apenas a vantagem de menor requerimento de memória, mas também tempo para o microprocessador realizar tarefas adicionais entre as conversões dos pontos. Por exemplo, o volume expirado acumulado pode ser mostrado durante o exame para informar ao operador até quando o esforço expiratório deve ser mantido e assim por diante. Uma solução de compromisso é acumular os dados rapidamente durante a parte inicial da expiração forçada, quando o fluxo está mudando rapidamente, e então reduzir a taxa de amostragem para o restante do teste. Quando isto ocorre, a resolução para a medida do $FEF_{25-75\%}$ freqüentemente torna-se inacurada, desde que a inclinação da linha desenhada entre os pontos 25 e 75% da CVF será afetada pelo valor de cada ponto⁽³³⁾. Um problema semelhante existe se as medidas dos fluxos instantâneos durante a parte terminal da expiração são calculadas. Se espirometria computadorizada vai ser usada para detectar obstrução precoce ao fluxo aéreo, a taxa de amostragem deve ser adequada durante toda a expiração. A freqüência de amostragem do sinal analógico a ser convertido pelo CAD deve ser de pelo menos 100hz, para cobrir a região do pico de fluxo expiratório (FEF_{max}), embora freqüências maiores sejam recomendadas.

Todo sistema informatizado deve ser analisado em relação aos fatores abaixo relacionados:

1) Medidas exatas ou acuradas – A qualidade mais importante de um sistema de função pulmonar computadorizado é sua capacidade de realizar medidas exatas, o que implica acurácia dos transdutores e aquisição e leituras corretas pelo *hardware* e *software*. A maneira mais simples de avaliar a exatidão de um sistema computadorizado é comparar os resultados gerados pelo computador com aqueles obtidos com cálculo manual. Embora não seja prático para a maioria dos laboratórios, o uso das ondas padronizadas recomendadas pela ATS deve ser feito para validar os instrumentos e o *software*⁽⁶⁾.

Não é incomum o encontro de erros nos programas, e é de responsabilidade dos fabricantes sempre que for detectado algum erro corrigi-los em todos os equipamentos em posse do usuário, sem limite de tempo desde a data de fabricação do mesmo.

O fabricante deve dar informações sobre o desempenho do sistema, porém isto não prescinde que um sistema particular seja testado antes de sua aquisição.

É de responsabilidade do fabricante comunicar a todos os usuários de um determinado sistema a disponibilidade de uma nova versão do programa.

2) O esquema de funcionamento do *software* deve ser fornecido. Cada laboratório deve ter o manual do *software* em que todos os procedimentos são mostrados e no

qual os algoritmos implementados são descritos claramente. O método de cálculo empregado pelo equipamento para obtenção dos parâmetros, a escolha dos valores para cada um dos parâmetros do exame e a escolha das curvas devem ser bem definidos. O equipamento deve permitir ao operador intervir neste processo de maneira simples e direta. Os critérios de aceitação e reprodutibilidade das diversas curvas (ver adiante) devem ser imediatamente acessíveis após as manobras realizadas. O equipamento deve ser capaz de mostrar o tempo de CVF do início até o fim. O equipamento deve também permitir que o operador possa estabelecer o término da curva.

3) O equipamento computadorizado deve ser capaz de formar um banco de dados das curvas e resultados finais, para que futuras análises de variabilidade entre fases do mesmo exame e/ou exames de um mesmo paciente possam ser feitas para fins de análises clínicas, além de rastrear dessa forma a exatidão do equipamento.

4) Equações de referências armazenadas para os cálculos dos valores previstos devem constar do manual de instrução, e um sistema de equações abertas para introdução de valores previstos mais adequados para cada população deve ser disponível.

A origem dos algoritmos utilizados para interpretação é freqüentemente obscura, ou baseada em estudos inadequados^{36,37}. A utilização irrestrita destes algoritmos resulta freqüentemente em erros de interpretação.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Espirômetros – Requisitos, RJ, 1996;1-9.
- Dawson A, Mohler JG. Microprocessor – assisted spirometry. In: Clausen JL. Pulmonary function testing. Guidelines and controversies. Equipment, methods, and normal values. Grune & Stratton, 1982;83-90.
- Dompeling E, Van Schayck CP, Molina J, et al. A comparison of six different ways of expressing the bronchodilating response in asthma and COPD; reproducibility and dependence of prebronchodilator FEV₁. Eur Respir J 1992;5:975-81.
- Hankinson JL. Instrumentation for spirometry. Occup Med 1993;8:397-407.
- Ruppel G. Pulmonary function testing equipment. In: _____. Manual of pulmonary function testing. St Louis: Mosby, 1994;237-302.
- Hankinson JS, Gardner RM. Standard wave forms for spirometry testing. Am Rev Respir Dis 1982;126:363-4.
- Ruppel G. Computers in the pulmonary function testing. In: _____. Manual of pulmonary function testing. St Louis: Mosby, 1994;303-42.
- Doupe FH. Flow and volume measuring devices. In: Branson R, Hess DR, Chatburn RL, editors. Philadelphia: JB Lippincott Company, 1995; 217-35.
- Perks WH, Sopwith T, Brown D, Jones CM, Green M. Effects of temperature on Vitalograph spirometer readings. Thorax 1983;38:592-4.
- Pincock AC, Miller MR. The effect of temperature on recording spirometers. Am Rev Respir Dis 1983;128:894-8.
- Cotes JE. Basic equipment and methods. In: _____. Lung function. Assessment and application in medicine. 5th ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1993;21-64.
- Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen R, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows: report of working party, standardization of lung function tests. European Community for steel and coal – official statement of the European Respiratory Society. Eur Respir J 1993;6(Suppl 16):5-40.
- Johnson LR, Enright PL, Voelker HT, Tashkin DP. Volume spirometers need automated internal temperature sensors. Am J Respir Crit Care Med 1994;150:1575-80.
- Stead WW, Wells HS, Gault L, Ognavonich J. Inaccuracy of the conventional water-filled spirometer for recording rapid breathing. J Appl Physiol 1959;14:448-50.
- Wells HS, Stead WW, Rossing TD, et al. Accuracy of an improved spirometer for recording fast breathing. J Appl Physiol 1959;14:451-4.
- Lewin BM. Pitfalls of spirometry. JOM 1981;23:35-8.
- Townsend MC. The effects of leaks in spirometers on measurement of pulmonary function. The implications for epidemiologic studies. JOM 1984;26:835-41.
- Sullivan WJ, Peters GM, Enright PL. Pneumotachographs: theory and clinical applications. Respir Care 1984;29:736-49.
- Nelson SB, Gardner RM, Crapo RO, Jensen RL. Performance evaluation of contemporary spirometers. Chest 1990;97:288-97.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry – 1987 Update. Am Rev Respir Dis 1987;136:1285-98.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 Update. Am J Respir Crit Care Med 1995;152:1107-36.
- British Thoracic Society and Associations of Respiratory Technicians and Physiologists. Guidelines for the measurement of respiratory function. Respir Med 1994;88:165-94.
- Gardner RM, Crapo RO, Billings RG, Shigeoka JW, Hankinson JL. Spirometry: What paper speed? Chest 1983;84:161-5.
- Dias RM. Avaliação do desempenho de sistemas computadorizados de espirografia em uso no Brasil. Rio de Janeiro. Tese, Professor Titular, Universidade Federal Fluminense, 1993.
- Gardner RM, Hankinson JL, West BJ. Evaluating commercially available spirometers. Am Rev Respir Dis 1980;121:73-81.
- Ferguson GT, Enright PL, Buist AS, et al. Office spirometry for lung health assessment in adults: A consensus statement from the National Lung Health Education Program. Chest 2000;117:1146-61.
- Ferris BG. Epidemiology standardization project III. Procedures for pulmonary function testing. Am Rev Respir Dis 1978;118(Suppl 2):55-88.
- Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. J Pneumol 1992;18:10-22.
- Faraco PR, Jansen JM. Aplicação de microcomputador no processamento de dados de espirografia e curva fluxo-volume. J Pneumol 1986;12:121-6.
- Gardner RM, Clausen JL, Cotton DJ, Crapo RD, Epler GR, Hankinson JL, Johnson RL. Computer guidelines for pulmonary laboratories. Am Rev Respir Dis 1986;134:628-9.
- Mohler JG, Wolf GA. Computers in pulmonary medicine. In: Wilson AF. Pulmonary function testing. Indications and interpretations. Orlando: Grune & Stratton, 1985;255-74.
- Romer W, Palmer A, Ward SA, Abraham S, Caceres CA. Clinical spirometry using computer techniques. Am Rev Respir Dis 1966;94:181-7.
- Dias RM, Chibante AMS, Magarão SL, Böhringer R. Avaliação do desempenho de sistema computadorizado para análise de função pulmonar. J Pneumol 1988;14:19-26.
- Crapo RO, Gardner RM, Berlin SL, Morris AH. Automation of pulmonary function equipment. Use beware! Chest 1986;90:1-3.

35. Künzli N, Ackermann-Liebrich U, Keller R, Perruchoud AP, Schindler C, SAPALDIA team. Variability of FVC and FEV₁ due to technician, team, device and subject in an eight centre study: three quality control studies in SAPALDIA. *Eur Respir J* 1995;8:371-6.
36. Ellis JH, Perera SP, Levin DC. A computer program for the interpretation of pulmonary function studies. *Chest* 1975;68:209-13.
37. Thomas HM, Garrett RC. Interpretation of spirometry. A graphic and computational approach. *Chest* 1984;86:129-31.

4. GARANTIA DE QUALIDADE

Garantia de qualidade engloba não apenas o controle de qualidade (que é o processo de monitorizar a precisão e a acurácia de um teste), mas muitas outras atividades incluindo: manutenção do equipamento e características de desempenho, calibração, treinamento de pessoal e avaliação continuada da competência e o relato dos resultados e manutenção dos registros⁽¹⁾. O programa de garantia de qualidade no laboratório de função pulmonar deve ser um esforço coordenado para minimizar as várias frentes técnicas de erro e variação, incluindo instrumentação, técnicos, pacientes e o procedimento.

Vários fatores, além da acurácia do instrumento, influenciam a acurácia e a reprodutibilidade dos testes espirométricos no mundo real. Estes fatores incluem o seguinte: o treinamento do técnico, experiência, número de testes realizados por mês, motivação, habilidade motivacional e paciência. Do lado do paciente, coordenação, cooperação, força, *endurance* e motivação.

Os 6 componentes essenciais para garantia de qualidade são descritos abaixo⁽¹⁾.

1) TREINAMENTO DO PESSOAL E AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIA

O primeiro item e o mais importante no programa de qualidade no laboratório de função pulmonar é o técnico. Apenas um técnico competente e treinado pode obter a cooperação necessária do paciente e operar apropriadamente o equipamento para assegurar resultados acurados e reprodutíveis. Estas habilidades e conhecimentos são obtidos através da educação apropriada, treinamento e supervisão.

O tempo de treinamento de novos técnicos na área de espirometria deve ser de pelo menos 80 horas, com realização e análise de pelo menos 200 exames. Certificados devem ser fornecidos pelo Diretor médico ao final do treinamento, porém os técnicos devem ser submetidos a exames para obtenção da qualificação profissional pela SBPT e suas regionais. O técnico de função pulmonar deve ter conhecimentos básicos de fisiologia respiratória, matemática e informática. Os técnicos habilitados nas diversas áreas de função pulmonar devem receber treinamento mais longo e submeter-se a exame mais abrangente pela SBPT.

A importância de avaliação continuada do *staff* técnico após o treinamento inicial é reconhecida. Isto pode ser feito periodicamente pela observação do desempenho durante a realização dos exames e por análise conjunta dos testes realizados.

A chave para um teste adequado de função pulmonar é a maneira com que o técnico guia o paciente ou indivíduo através de uma série de manobras respiratórias. A qualidade mais importante do técnico de função pulmonar é a motivação para fazer o melhor em cada caso. O técnico também deve ser capaz de julgar o grau de esforço e cooperação do indivíduo. Os resultados obtidos por um técnico que não tem estas habilidades não são apenas inúteis, mas resultam em falsa informação que pode ser perigosa para o doente. A SBPT permite estágios em laboratórios reconhecidos. Cursos de reciclagem a cada 3 anos para os técnicos são sugeridos.

O técnico deve demonstrar, estimular entusiasticamente o paciente e observá-lo através das três fases de cada manobra: 1) inalação máxima; 2) soprar rapidamente, e 3) continuar a soprar longamente, por pelo menos 6 segundos.

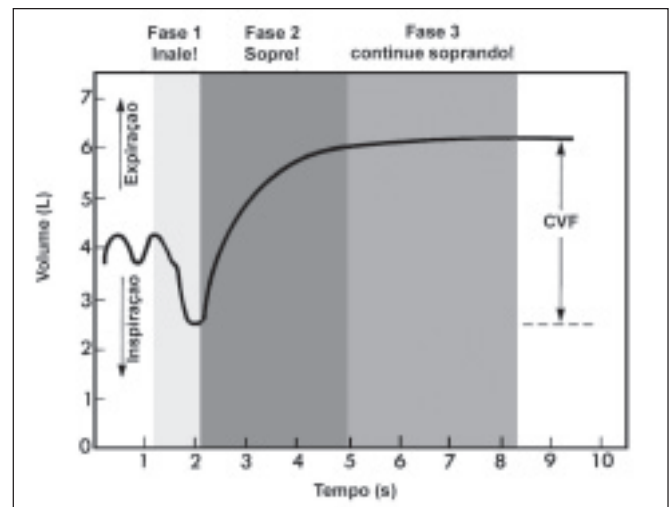


Figura 1 – Fases da manobra

A maioria das manobras erradas são facilmente reconhecidas pela observação do paciente. Quando o técnico ou o sistema detecta manobra de má-qualidade, o técnico deve dizer ao paciente o que houve de errado e novamente demonstrar como realizar a manobra corretamente. Depois de oito manobras realizadas, se o teste for ainda de má qualidade, novo exame deve ser agendado.

Um estudo feito na Nova Zelândia, em mais de 1.000 indivíduos testados por enfermeiras em clínicas externas primárias, mostrou que menos do que 1/3 dos testes incluíam mais de duas manobras aceitáveis. Em torno de

1/3 tinham início da manobra lento e em 2/3 a duração do teste foi inadequada. Um treinamento de 2 horas melhorou o desempenho, mas este ficou ainda muito abaixo do ideal^[2]. Observações de testes feitos em muitos laboratórios brasileiros mostram achados semelhantes.

A SBPT credenciou vários Laboratórios de Referência no país, para treinamento de médicos e formação de técnicos de função pulmonar, e pretende criar condições para o reconhecimento da profissão de técnico. Os técnicos podem ser qualificados para realização de todos os testes básicos de função pulmonar em laboratórios completos ou receber treinamento específico em determinados setores (ex.: espirometria).

É de responsabilidade dos **técnicos de função pulmonar**:

- 1) Preparação e calibração do equipamento;
- 2) Preparação e instrução dos pacientes;
- 3) Realização dos testes;
- 4) Verificação dos critérios de aceitação e reprodutibilidade das curvas obtidas;
- 5) Obtenção e cálculos dos dados finais e preparação dos relatórios para interpretação;
- 6) Realização dos procedimentos para controle de qualidade periódicos;
- 7) Limpeza e anti-sepsia do equipamento e seus acessórios.

Cada laboratório de função pulmonar deve ter um **Diretor Médico** que deve supervisionar os exames na rotina diária e deve ser responsável pelo treinamento do pessoal, a qualidade e o estado funcional do equipamento, o estabelecimento de rotinas, bem como a acurácia e interpretação dos resultados, os quais devem ser fornecidos de uma maneira simples e clara para os médicos que solicitam os testes^[3]. O Diretor Médico deve ter o título de especialista em pneumologia e ter conhecimento especial da área de fisiologia respiratória, possuir conhecimento detalhado do equipamento operado no laboratório e ter conhecimento clínico suficiente para interpretar os testes de função pulmonar dentro do contexto médico. Conhecimentos básicos sobre informática e estatística são importantes.

2) MANUTENÇÃO DO EQUIPAMENTO

Os equipamentos usados na LFP são fontes potenciais de variação dos testes. A manutenção adequada dos equipamentos pode reduzir a variação resultante de instrumentos com desempenho pobre. Existem dois tipos de manutenção: 1) preventiva; 2) corretiva. Manutenção preventiva refere-se à manutenção realizada em base regular pelo pessoal do laboratório. O objetivo é antecipar problemas antes que causem mau funcionamento do equipamento. Exemplos incluem detecção de vazamentos, nível de água, etc.

Manutenção corretiva (isto é, consertos) é uma ação não agendada para corrigir falhas no equipamento. Isto é feito usualmente pelo representante do fabricante ou pelo serviço de bioengenharia da instituição. Contratos de manutenção devem ser feitos de rotina em laboratórios de maior porte. Tipicamente custam 10% do preço do equipamento original por ano.

Sempre que novos instrumentos são comprados e montados, devem ser submetidos a verificação e validação antes do uso na rotina.

3) MANUAL DE PROCEDIMENTOS

Todo laboratório de função pulmonar deve ter um manual de procedimentos que deve ser seguido rotineiramente, englobando:

- 1) Descrição dos testes e seus objetivos;
- 2) Indicações dos exames;
- 3) Contra-indicações – hemoptise, angina recente, descolamento de retina, crise hipertensiva, edema pulmonar e aneurisma de aorta torácica;
- 4) Ficha clínica para avaliação;
- 5) Calibração dos equipamentos antes dos testes;
- 6) Preparação do paciente para realização do exame;
- 7) Diretrizes para controle de qualidade;
- 8) Manutenção básica do equipamento;
- 9) Precauções de segurança relacionadas ao procedimento (controle de infecção, etc.);
- 10) Referência de todas as equações utilizadas para cálculos dos resultados e valores previstos, incluindo bibliografia;
- 11) Documentação dos protocolos informatizados para cálculos e arquivamento dos dados;
- 12) Algoritmo de interpretação dos exames.

4) DIRETRIZES PARA REALIZAÇÃO DOS TESTES

Crêterios como preparação do pacientes, instrução e demonstração das manobras requeridas, e o reconhecimento de manobras aceitáveis ou dados errôneos devem ser disponíveis.

5) MÉTODOS ESPECÍFICOS DE QUALIDADE

Acurácia e precisão – Acurácia refere-se a quão bem a medida reflete o que pretende medir; em outras palavras, a medida “verdadeira” ou correta. Por exemplo, quando um volume de 3,00L é injetado em um espirômetro, o espirômetro é considerado acurado se ele lê corretamente 3,00L. Na prática, alguma variabilidade do instrumento é aceitável. Por exemplo, o espirômetro é considerado acurado se ele lê os 3,00 litros da seringa de calibração dentro de 3% (isto é, 2,91 a 3,09L).

Precisão refere-se à variabilidade das medidas e é completamente independente da acurácia ou verdade. Um instrumento é considerado preciso se repetidamente os

valores obtidos para o mesmo parâmetro são semelhantes. Por exemplo, quando o volume de uma seringa de 3,00L é injetado em um espirômetro por 3 vezes e os volumes recuperados são de 3,00, 3,01 e 2,98L, ele é considerado preciso.

Acurácia e precisão nem sempre existem concomitantemente. Se o espirômetro mediu as 3 injeções de 3,00 litros como 2,50, 2,50 e 2,50L, ele é preciso mas não é acurado. Precisão pode ser facilmente estabelecida, mas acurácia é mais difícil de estabelecer porque o valor “verdadeiro” deve ser conhecido.

Tipos de erros – Existem 2 tipos de erros: casuais e sistemáticos. Erros ao acaso ocorrem sem regularidade, tendem a diminuir a precisão, e freqüentemente resultam de variação inerente do instrumento. Erros sistemáticos são erros dentro do sistema ou na metodologia (ex.: calibração ou mau funcionamento do instrumento) e tende a produzir vieses. O programa de qualidade deve ajudar o laboratório na detecção de ambos os erros e assim assegurar dados acurados e precisos.

Controle de qualidade para a espirometria

Existem numerosos fabricantes de espirômetros. Embora a maioria dos fabricantes tenha procedimentos rígidos de controle de qualidade, numerosos problemas com acurácia e *software* são encontrados⁽⁴⁾. Assim, é importante que cada laboratório realize e documente validação de um novo equipamento antes de testar indivíduos e relatar resultados.

Calibração

A calibração envolve a medida do débito do espirômetro, a sensibilidade do aparelho de registro ou a geração de um fator de correção do *software* e, portanto, engloba o ajuste do equipamento para o desempenho dentro de certos limites. Calibração pode ser necessária antes dos testes quando da operação de certos sistemas.

Volume: uma seringa de 3L de volume deve ser fornecida pelo fabricante junto com o equipamento. O teste de volume deve ser feito diariamente antes do início dos trabalhos.

Durante levantamentos industriais ou outros estudos de campo, o equipamento deve ser calibrado cada manhã e mais 2 vezes durante o dia. Embora exista habitualmente uma variação mínima dia a dia na calibração de volume, calibração diária é altamente recomendada, de modo que o início de um problema seja detectado no mesmo dia, eliminando relatórios falsos por semanas ou meses.

Recomenda-se que a seringa seja mantida próxima do espirômetro para que as condições de umidade e temperatura sejam as mesmas.

Quando a calibração de volume com seringa de 3L indica que o espirômetro preenche os critérios apropriados,

presume-se que o desempenho do espirômetro seja satisfatório e produza resultados válidos e reprodutíveis para volumes, bem como para os fluxos. Entretanto, resultados satisfatórios após calibração de volume não são garantia para resultados espirométricos válidos⁽⁵⁾. A comparação de testes feitos com voluntários saudáveis pode mostrar diferenças significativas com diferentes espirômetros, mas ficaria a dúvida de qual (ou quais) é (são) acurado(s).

Para teste de volume a seringa deve ser conectada à porta de entrada do espirômetro usado nos testes. Para prevenir a correção automática para o BTPS, a correção da temperatura do espirômetro deve ser estabelecida em 37°C. Muitos espirômetros computadorizados já incorporam uma rotina específica para calibração de volume que prescinde da correção de temperatura. Em alguns sistemas a correção de temperatura não pode ser ultrapassada. Nesses casos a injeção com uma seringa de 3L resultará numa leitura maior do que 3L, porque o sistema corrige o volume para BTPS. Nesta situação a operação inversa deve ser realizada, isto é, o volume final deve ser dividido pelo fator BTPS⁽⁶⁾. Em pneumotacógrafos aquecidos a verificação deve ser realizada com o sistema de aquecimento desligado e com a desativação da correção para BTPS⁽⁷⁾. Para espirômetros de água a seringa deve ser cheia e esvaziada várias vezes, para permitir o equilíbrio com o ar umidificado do equipamento. Para espirômetros de fluxo, um tubo deve ser interposto entre a seringa e o sensor. Isto evita artefatos causados pelo fluxo turbulento gerado pela seringa.

A exatidão ou acurácia e a precisão de qualquer espirômetro pode ser calculada como se segue⁽⁶⁻⁸⁾:

Desvio = média – valor esperado

Desvio (%) = $\frac{\text{Volume injetado} - \text{Volume medido}}{\text{Volume injetado}} \times 100$

Volume injetado = Volume real da seringa

Volume medido = Resultado obtido do teste

Os **limites aceitáveis** são de $\pm 3,5\%$ ou $\pm 0,100\text{L}$, o que for maior, para volume (CVF, VEFt) e para o fluxo (FEF_{25-75%}) é de $\pm 5,5\%$ ou $\pm 0,250\text{L/s}$, o que for o maior. As tolerâncias permitidas incluem os erros inerentes às seringas empregadas nos ensaios ($\pm 0,5\%$). A exatidão da seringa deve ser fornecida pelo fabricante. Vazamentos na seringa devem ser avaliados periodicamente, ocluindo-se a porção de saída e forçando-se o esvaziamento⁽⁹⁾.

Quando espirômetros de fluxo são testados com seringas de volume, diferentes fluxos de injeção devem ser utilizados. Os fluxos atingidos devem simular a faixa usual obtida nos testes, isto é, entre 2 e 12L/s. Pelo menos uma injeção com fluxos alto, médio e baixo deve ser feita.

Linearidade – Uma injeção da seringa de 3L, realizada com espirômetro quase vazio ou quase cheio deve re-

sultar em medidas comparáveis. Este teste deve ser feito a cada 15 dias. A linearidade nos espirômetros de fluxo deve ser medida semanalmente, através da injeção de volume da seringa de 3L com vários fluxos diferentes. Isto pode ser obtido por injeções com velocidade constante e duração de 1, 3 e 6 segundos aproximadamente.

Vazamento – O espirômetro deve ser levado até aproximadamente a metade de sua faixa de volume e uma pressão constante ($\geq 3\text{cmH}_2\text{O}$) deve ser aplicada através de pesos colocados sobre a campânula com a porta de saída ocluída. Mudança de volume $< 10\text{ml}$ deve ser vista após um minuto, enquanto a pressão é aplicada. O espirômetro deve retornar à sua posição original quando a pressão é retirada. Este teste deve ser diário.

Tempo – A cada 15 dias a acurácia do registro mecânico de tempo deve ser verificada com um cronômetro. O erro deve ser menor que 1%. Cada vez que o equipamento é mudado de lugar este teste deve ser repetido.

Os procedimentos que devem ser realizados para controle de qualidade são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1
Controle de qualidade

Teste	Intervalo mínimo	Ação
Volume	Diário	Teste com seringa de 3L
Vazamento	Diário	Pressão constante de 3cm H ₂ O por 1min.
Linearidade	• Quinzenal (espirômetros de volume)	Incrementos de 1L com seringa de calibração na faixa inteira de volume
	• Semanal (espirômetros de fluxo)	Diferentes fluxos
Tempo	Quinzenal	Registro mecânico com cronômetro
Software	Novas versões	Quando da instalação – Testes com indivíduos conhecidos

Baseado na ATS, 1995.

Outros procedimentos

Controles biológicos – Uma maneira semiquantitativa para avaliar a acurácia e a precisão de um espirômetro é realizar medidas repetidas de pelo menos 3 indivíduos sem doença respiratória, não fumantes, a cada 15 dias. Embora os parâmetros funcionais exibam variabilidade, todos os aspectos do teste são avaliados. Este teste, contudo, não exclui a necessidade de teste diário com seringa de volume. Este tipo de teste pode ser utilizado para comparar espirômetros de diferentes laboratórios.

Inicialmente a CVF e o VEF₁ devem ser medidos em 10 dias e os valores médios calculados. Os extremos não devem diferir mais de 10%; de outro modo, outro controle biológico deve ser escolhido. O mesmo sensor de fluxo deve ser usado para repetição dos testes. O controle biológico deveria então ser testado a cada 15 dias ou sempre que haja suspeita de problemas com o sistema. Se os valores medidos para CVF ou VEF₁ diferem mais do que 10% do valor médio em um determinado dia, o teste deve ser repetido, e se o VEF₁ ou a CVF permanecerem fora dos limites, o aparelho deve ser reavaliado.

6) ANÁLISE E MANUTENÇÃO DE REGISTRO DOS DADOS

Um programa de qualidade bem conduzido permite avaliar em base continuada a acurácia e a reprodutibilidade dos instrumentos e métodos. Os dados dos procedimentos de calibração e controle de qualidade devem ser analisados de maneira adequada, o que requer métodos estatísticos apropriados e sistemas de registros.

Aqueles que têm a responsabilidade de coletar ou analisar os dados de controle de qualidade deveriam ter uma compreensão básica das medidas de tendência central e variabilidade usando métodos gráficos e estatísticos. Três termos estatísticos comumente usados são a média, desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV). Eles podem ser brevemente definidos:

Média: a soma dos valores observados dividido pelo número de observações

Desvio padrão: uma medida de variabilidade ou a tendência dos valores para variar da média aritmética. É calculado elevando-se ao quadrado as diferenças positivas e negativas entre os valores individuais encontrados e a média, dividindo-se o resultado pelo número de variáveis -1 e realizando-se a raiz quadrada deste valor.

Coeficiente de variação: uma expressão matemática de variabilidade calculada dividindo-se o desvio padrão pela média.

Em um ambiente laboratorial estável, a distribuição dos resultados da mesma seringa de calibração ou padrões biológicos analisados em determinado número de vezes segue uma distribuição Gaussiana (normal). Em uma distribuição normal, aproximadamente 65% dos valores irão se situar $\pm 1\text{DP}$ da média, 95% dos valores deveriam cair entre $\pm 2\text{DP}$ da média, e 99% entre $\pm 3\text{DP}$ da média. Gráficos de controle indicam a média da distribuição e um limite inferior ou superior, que poderia ser o valor fixo de um, dois, ou três desvios padrões. Um exemplo é mostrado na Figura 2, na qual a calibração diária de um espirômetro com uma seringa de 3L é mostrada com os limites superiores e inferiores de aceitabilidade em 3,09 e 2,91L, ou $\pm 3\%$ de 3L.

Uma vez que estes gráficos são construídos, é fácil detectar erros casuais e sistemáticos. Tipicamente, os limi-

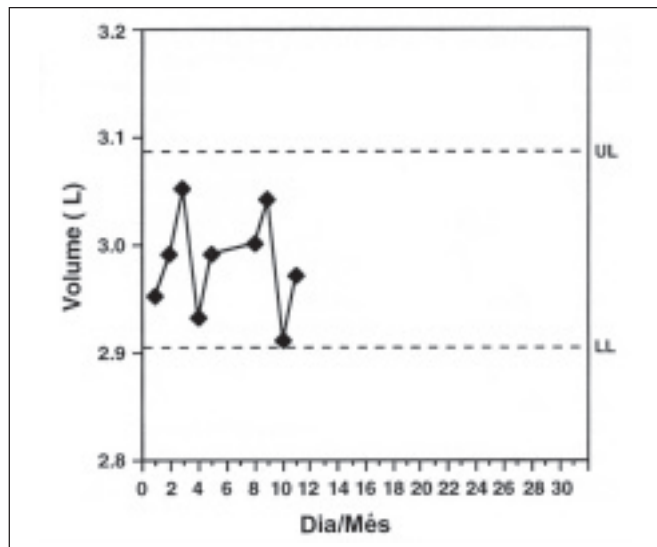


Figura 2 – Controle de qualidade

tes de $\pm 2DP$ são considerados sinais de aviso. Um valor entre 2 e 3DP indica erro e o procedimento deve ser repetido. Valores além de $\pm 3DP$ são considerados inaceitáveis e o sistema deve ser avaliado.

O padrão de pontos dos dados ao longo do tempo permite a detecção de tendência. Um tipo de tendência é o movimento contínuo de valores em uma direção em 6 ou mais valores consecutivos. Tendências podem ser sutis e difíceis de detectar sem um gráfico contínuo.

Quando o controle de qualidade ou os dados de calibração caem fora dos limites, o laboratório não deve testar mais nenhum indivíduo até que o problema seja identificado, reparos necessários sejam feitos e revalidação seja realizada.

Uma lista de manutenção preventiva deve ser desenvolvida onde os equipamentos que devem ser mantidos e quando sejam registrados.

Sistemas de computador podem e perdem dados. Daí um bom sistema de *backup* e registro dos dados, bem como dados de controle de qualidade de calibração devem ser desenvolvidos.

Problemas comuns

Alguns dos problemas comuns detectados pelo controle de qualidade rotineiro dos espirômetros incluem⁽⁶⁾:

- Rachaduras ou vazamentos (nos espirômetros com deslocamento de volume)
- Baixo nível de água (espirômetros de volume)
- Foles gastos ou pegajosos
- Potenciômetros inacurados ou erráticos
- Tubos de fluxo obstruídos ou sujos (sensores de fluxo)
- Resistência mecânica (espirômetros de volume)
- Vazamentos nos tubos e conectores

- Tempo de registro errôneo
- Correção de sinal inapropriado (BTPS)
- Calibração do *software* inapropriada (correções)
- Interface ou *software* defeituosos
- Sujeira no pneumotacógrafo

Compra de equipamento

Na compra de um espirômetro, fatores fundamentais a considerar incluem o custo, necessidades individuais do médico e manutenção. A maioria dos sistemas disponíveis comercialmente é computadorizada, o que facilita a acurácia e a disponibilidade dos dados. Contudo, nem todos os espirômetros computadorizados são acurados e podem existir problemas de *software*⁽⁴⁾, o que levou ao desenvolvimento de diretrizes específicas⁽⁹⁾. Em 1994 a ATS apresentou um protocolo para validar a acurácia e a precisão de cada modelo de espirômetro. Este teste pode ser realizado por um fabricante de espirômetro ou por um laboratório independente. O protocolo de validação usa formas de ondas-padrão para dirigir uma seringa mecânica, liberando volumes conhecidos em velocidades conhecidas para o espirômetro e para o *software* a serem testados. O teste proposto em 1994 pela ATS é mais rigoroso que o proposto anteriormente, de modo que, ao comprar um equipamento, o usuário deve certificar-se que o sistema preencheu o protocolo ATS 1994. Os usuários devem requerer cópia da certificação do equipamento e que o espirômetro testado e a versão do *software* correspondem com o modelo comprado. Em adição, o usuário deveria ser capaz de manipular independentemente certas variáveis, incluindo a escolha de equações de referência apropriadas. As interpretações disponíveis nos sistemas informatizados são invariavelmente equivocadas.

A ABNT elabora especificações, mas não atua como órgão certificador com objetivo de verificar se as normas estabelecidas estão sendo seguidas⁽⁸⁾. A SBPT não reconhece até o momento nenhum laboratório responsável por validação de equipamentos.

Ao considerar a compra de um sistema de função pulmonar computadorizado, solicite, além dos itens acima referidos, um equipamento para demonstração por alguns dias e verifique os itens abaixo:

- 1) Qual é o valor máximo de volume ou fluxo que é aceito? (O volume mínimo deve ser de 7L e o fluxo 12L/s)
- 4) Pode o computador acumular dados por pelo menos 15s para a expiração forçada e 30s para a medida da capacidade vital lenta?
- 5) Como o início do teste é identificado? (Deve ser feito pela técnica de retro-extrapolação)
- 6) Como o final do teste é identificado? (Deve existir um platô de pelo menos 1s)
- 7) O sistema é capaz de gerar gráficos volume-tempo e fluxo-volume e gravá-los para recuperação posterior?

TABELA 2
Recomendações para equipamentos de espirometria

Teste	Amplitude/Acurácia (BTPS-L)	Faixa de fluxo (L/s)	Tempo (s)	Resistência e Pressão retrógrada
CV	7L ± 3% da leitura ou 50ml*	0-12	30	
CVF	7L ± 3% da leitura ou 50ml*	0-12	15	menos de 1,5cm H ₂ O/L/s de 0-12L/s
VEF _t	7L ± 3% da leitura ou 50ml*	0-12	t	
Tempo zero	O ponto inicial da medida do VEF ₁		Determinado por extrapolação retrógrada	
FEF _{25-75%}	7L ± 5% ou 200ml/s*	0-12	15	Idem VEF _t
FEF _{x%}	12L/s ± 5% ou 200ml/s*	0-12	15	Idem VEF _t

* Escolher a variação maior, percentual ou numérica.

Obs.: A amplitude de volume ideal deve ser 8L e a faixa de fluxo 14L/s.

8) Após cada manobra os gráficos e dados numéricos envolvendo PFE, VEF₁, CVF, volume extrapolado e fluxo terminal são fornecidos?

9) Os gráficos e os dados numéricos são fornecidos consecutivamente e comparados entre as diversas curvas?

10) Existe identificação por parte do sistema do não preenchimento dos critérios de aceitação e reprodutibilidade, bem como informação ao técnico de como corrigi-los nas manobras seguintes?

11) O sistema é capaz de deletar retroativamente curvas não reprodutíveis?

12) As curvas são selecionadas de acordo com as recomendações? Isto implica que a CVF e o VEF₁ sejam selecionados de valores não necessariamente provenientes da mesma manobra. Como é feita a seleção dos fluxos? Estes devem ser retirados da curva com maior valor soma de CVF e VEF₁.

13) Que valores previstos são usados? Podem eles ser mudados se o usuário prefere um outro conjunto de equações de regressão ou se novas regressões forem desenvolvidas?

14) Novas versões dos *softwares* serão colocadas à disposição do usuário em substituição às anteriores?

15) Um manual detalhado do funcionamento do *software* acompanha o sistema?

Embora um modelo particular de espirômetro tenha sido testado e tenha preenchido as recomendações, um outro instrumento do mesmo modelo pode não preencher os requerimentos. É essencial que os usuários sejam capazes de testar seus próprios instrumentos e avaliar novos equipamentos.

O teste de um espirômetro com um voluntário e com uma seringa exata de 3L pode identificar a maioria dos espirômetros marginais⁽¹⁰⁾:

1) Compare as especificações fornecidas pelo fabricante com as recomendações mínimas aceitáveis (Tabela 2).

2) Verifique vazamentos se o espirômetro é de volume.

3) Simule um paciente normal e um com distúrbio obstrutivo injetando ar da seringa de 3L no espirômetro por aproximadamente 2 segundos (normal) e 6 segundos (obstruído), corrigindo o resultado para temperatura ambiente. O volume obtido nos dois casos deve estar dentro das recomendações aceitáveis (± 0,1L).

4) Realize manobras de CVF com esforço máximo e com esforço lento, tomando cuidado particular para alcançar fluxos baixos no final da manobra. Observe a diferença entre os valores da CVF e se o espirômetro termina prematuramente a manobra, ou se ele continua a mostrar aumento de volume quando você se aproxima do volume residual. Este teste é particularmente importante para espirômetros de fluxo.

5) O registro de tempo deve ser verificado com um cronômetro.

6) O VEF₁ determinado automaticamente deve ser comparado por cálculos manuais a partir de várias manobras, usando-se o método de retro-extrapolação. Este método é necessário para assegurar que o instrumento está usando método adequado para análise do início do teste.

REFERÊNCIAS

1. Wanger J. Quality assurance. *Respir Care Clin North Am* 1997;3: 273-89.
2. Eaton T, Withy S, Garrett JE, et al. Spirometry in primary care practice: the importance of quality assurance and the impact of spirometry workshops. *Chest* 1999;116:416-23.
3. Gardner RM, Clausen JL, Epler G, et al. Pulmonary function laboratory personnel qualifications. *Am Rev Respir Dis* 1986;134:628-9.
4. Nelson SB, Gardner RM, Crapo RO, Jensen RL. Performance evaluation of contemporary spirometers. *Chest* 1990;97:288-97.
5. van den Boom G, van der Star LM, Folgering H, van Schayck CP, van Weel C. Volume calibration alone may be misleading. *Respir Med* 1999; 93:643-7.
6. Ruppel G. Quality assurance in the pulmonary function laboratory. In: _____. *Manual of pulmonary function testing*. St. Louis: Mosby, 1994; 343-92.

7. Dias RM. Avaliação do desempenho de sistemas computadorizados de espirografia em uso no Brasil. Rio de Janeiro. Tese, Professor Titular, Universidade Federal Fluminense, 1993.
8. ABNT. Espirômetros – Requisitos, RJ, 1996;1-9.
9. American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 Update. Am J Respir Crit Care Med 1995;152;1107-36.
10. Hankinson JL. Pulmonary function testing in the screening of workers: Guidelines for instrumentation, performance, and interpretation. JOM 1986;28:1081-92.

5. CURSO DE ESPIROMETRIA

Um programa básico para curso de espirometria é mostrado abaixo:

1. Princípios – volumes e capacidades pulmonares
2. Variáveis espirométricas, curvas volume-tempo e fluxo-volume
3. Fisiologia da curva fluxo-volume
4. BTPS
5. Valores normais – derivação
6. Interpretação dos resultados
7. Indicações para espirometria
8. Problemas de qualidade
 - Importância
 - Critérios para aceitação e reprodutibilidade
 - Exemplo de curvas aceitáveis e não aceitáveis
9. Demonstração: calibração, protocolo, controle de infecção
10. Realização da espirometria
11. Teste pós-Bd
12. Demonstração e discussão de testes

6. PROVA ESPIROMÉTRICA, PICO DE FLUXO EXPIRATÓRIO E VENTILAÇÃO VOLUNTÁRIA MÁXIMA

6.1. PREPARAÇÃO PARA O EXAME

Instruções

Quando o paciente marcar o exame, as seguintes instruções ou observações devem ser feitas:

- a) Infecção respiratória nas últimas 3 semanas, como gripe, resfriado, bronquite e pneumonia, podem alterar a função pulmonar ou levar à hiperresponsividade brônquica. Em pacientes acompanhados longitudinalmente (ex. DPOC) estes testes podem dar impressão de perda funcional acelerada.
- b) Broncodilatadores de ação curta devem ser suspensos por 4 horas e de ação prolongada por 12 horas antes dos testes, se o objetivo for a verificação da presença de obstrução reversível. Se a finalidade do exame for encontrar a máxima função pulmonar, ou se a suspensão do Bd resultar em dispnéia acentuada, Bds podem ser mantidos⁽¹⁾.
- c) Jejum não é necessário.
- d) Café e chá não devem ser ingeridos nas últimas 6 horas, por efeito broncodilatador, especialmente quando testes de broncoprovocação forem programados.

e) Cigarro – aumenta a resistência ao fluxo aéreo e deve ser proibido por pelo menos 2 horas antes do exame.

f) Álcool não deve ser ingerido nas últimas 4 horas.

g) Refeições volumosas devem ser evitadas 1 hora antes dos testes.

h) O paciente deve repousar 5 a 10 minutos antes do teste.

6.2. QUESTIONÁRIO RESPIRATÓRIO

O médico que solicita o exame deve deixar claro o objetivo do teste e relatar os achados clínico-radiológicos que podem influenciar a interpretação dos dados.

Idealmente um questionário respiratório deve ser preenchido antes de cada teste. O sugerido abaixo se baseia no questionário ATS-DLD, 1978⁽²⁾, acrescido de questões mais específicas relacionadas a hiperresponsividade brônquica, uma proposta de gradação de dispnéia baseada no consumo de oxigênio de atividades usuais^(3,4) e avaliação de achados radiológicos que podem auxiliar a interpretação dos testes.

Sintomas

1. Você habitualmente tosse ou pigarreia pela manhã? Não (0) Sim (1)
2. Você habitualmente elimina catarro? Não (0) Sim (1)
3. Seu peito chia com frequência? Não (0) Sim (1)
4. O chiado melhora com algum remédio? Não (0) Sim (1)

Você tem falta de ar:

5. **Grau 0** (esperada) – com atividades extraordinárias, tais como correr, carregar cargas pesadas no plano ou cargas leves subindo escadas. Não (0) Sim (1)

6. **Grau 1** (leve) – com atividades maiores, tais como subir ladeira muito inclinada, 2 ou mais andares ou carregando pacote pesado de compras no plano. Não (0) Sim (1)

7. **Grau 2** (moderada) – com atividades moderadas, tais como: subir 1 andar, caminhar depressa no plano, ou carregar cargas leves no plano. Não (0) Sim (1)

8. **Grau 3** (acentuada) – com atividades leves, tais como: tomar banho, andar uma quadra em passo regular. Não (0) Sim (1)

9. **Grau 4** (muito acentuada) – em repouso ou para se vestir ou caminhar poucos passos devagar. Não (0) Sim (1)

Doenças pulmonares

10. Já teve alguma doença pulmonar? Não (0) Sim (1)
Qual? _____

11. Tem ou teve asma? Não (0) Sim (1)

12. Toma atualmente remédio para asma? Não (0) Sim (1)

13. Já se submeteu a alguma cirurgia no tórax ou no pulmão? Não (0) Sim (1)

14. Já precisou respirar por aparelho alguma vez? Não (0) Sim (1)

Outras doenças

15. Cardíacas? Não (0) Sim (1)

16. Doenças sistêmicas com possível envolvimento respiratório? Não (0) Sim (1) Qual? _____

17. HIV positivo? Não (0) Sim (1)

História profissional

18. Já trabalhou em ambiente com poeira por um ano ou mais? Não (0) Sim (1) Especifique o trabalho _____

Tabagismo

19. Fuma ou fumou cigarros? Não (0) Sim (1)

20. Com que idade começou a fumar regularmente? aos _____ anos

21. Caso você tenha parado de fumar totalmente, há quanto tempo você parou? Há _____ anos.

22. Quantos cigarros, desde que começou a fumar, você tem fumado por dia? _____

23. Cálculo dos anos-maço. Multiplique o número de anos fumados pelo número de cigarros fumados ao dia/20. _____ anos-maço.

Radiografia

24. Sinais de obstrução ao fluxo aéreo? Não ☐ Sim ☐

25. Opacidades localizadas? Não ☐ Sim ☐

26. Difusas? Não ☐ Sim ☐

27. Seqüelas? Não ☐ Sim ☐

28. Sinais de ICC? Não ☐ Sim ☐

6.3. OBTENÇÃO DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Estatura

A estatura é a variável com maior influência nos valores previstos para a função pulmonar e sua medida deve ser rigorosa. A estatura deve ser medida sem sapatos. A estatura cai com a idade e quase sempre os indivíduos, especialmente os idosos, hiperestimam sua estatura⁽⁵⁾. Valor para a estatura referida pelo indivíduo é inaceitável.

A estatura idealmente deve ser medida por um antropômetro, já que este permite a liberdade das mãos do observador para posicionar o indivíduo. Os calcanhares devem estar juntos e o indivíduo deve estar o mais ereto possível com os calcanhares, panturrilhas, nádegas e dorso em contato com o antropômetro. Quando esta posição é alcançada, o observador alinha a cabeça com as mãos para que a margem orbital inferior esteja alinhada

com o meato auditivo externo e a região occipital esteja em contato com o antropômetro (Figura 1).

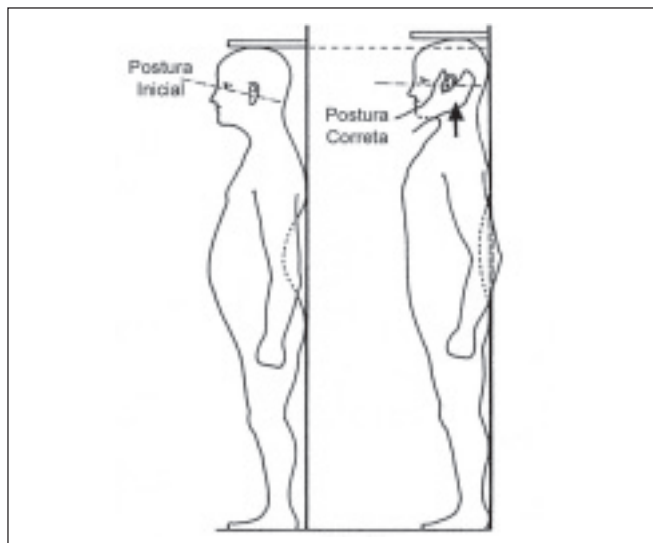


Figura 1 – Medida da estatura

Procedimento incorreto pode resultar em mudanças de estatura aparente de até 5cm. A medida correta da estatura resulta em excelente reprodutibilidade⁽⁶⁾.

Envergadura

A envergadura, medida entre a ponta dos dedos dos braços estendidos horizontalmente, pode ser usada como uma estimativa da estatura biológica quando existe deformidade espinhal ou sempre que não for possível medir a estatura⁽⁶⁾. Para realização da medida o indivíduo estende e abduz o braço esquerdo completamente. A semi-envergadura é o comprimento da ponta do dedo mais longo ao centro da fúrcula esternal. A distância é medida com uma fita e então duplicada para dar a envergadura. Em crianças a envergadura estima com precisão a estatura. Na população brasileira adulta a estatura pode ser calculada dividindo-se a envergadura por 1,03 nas mulheres e 1,06 nos homens⁽⁷⁾.

Peso

Reflete a massa corporal. Em balanças calibradas o erro de medida deve ser menor que 0,01kg. O indivíduo deve retirar roupas pesadas e o calçado. O índice de massa corporal (IMC) = Peso/est^2 é hoje considerado o melhor indicador de obesidade. A obesidade é classificada em três graus: I – P/alt^2 de 25 a 29,9; II – 30 a 40 e III – $> 40\text{kg}/\text{m}^2$ ⁽⁸⁾. Até 18 anos obesidade é caracterizada por P/est^2 acima de 12 + idade⁽⁹⁾ aproximadamente. Em estudos populacionais, o peso em geral não afeta as variáveis espirométricas (quando a estatura e o sexo são considerados), a não ser na presença de obesidade mórbida⁽¹⁰⁾. No

laboratório de função pulmonar, restrição pode ser atribuída à obesidade se o grau é III e se a redução da CV resulta da queda do VRE (abaixo de 0,4L). Valores baixos ($P/\text{alt}^2 < 20$) podem também resultar em redução da CVF⁽¹¹⁾.

BTPS

As medidas do volume de gás expirado são feitas no equipamento de registro, onde as moléculas de gás estão em temperatura e pressão ambiente (ATP) se o espirômetro é de volume; o gás expirado é usualmente também saturado com vapor d'água e nestas circunstâncias sua condição é designada ATPS. As condições ambientais variam de maneira que os volumes devem ser convertidos para uma condição padrão, a qual, para a maioria dos propósitos, é aquela obtida no pulmão; aqui o gás está na temperatura e pressão corporal e saturado com vapor d'água (BTPS). Em outras circunstâncias, o volume de gás é expresso para condições padrão de temperatura de 0°C e com pressão de uma atmosfera (760mmHg de gás seco), chamado então de STPD.

Para converter o volume de gás da temperatura e pressão ambiental no espirômetro para o expirado, em condições corporais, usa-se a seguinte equação⁽³⁾:

$$V_{\text{BTPS}} = V_{\text{ATP}} \times \frac{273 + 37}{273 + t} \times \frac{PB - PH_2O(t)}{PB - PH_2O(37)}$$

Onde V é o volume de gás sob as condições especificadas, t é a temperatura ambiente ou interna do equipamento e 37 é a temperatura corporal em graus Celsius; PB é a pressão barométrica e PH_2O é a pressão do vapor d'água na t indicada (a 37°C é de 47mmHg). Valores para a PH_2O em gás saturado podem ser obtidos para outras temperaturas pela equação:

$$PH_2O\ t = 10 - 0,395\ t + 0,0378\ t^2$$

A pressão barométrica deve ser baseada na média anual de cada localização, que pode ser obtida sabendo-se a altitude. A aplicação de fator de correção diário para a pressão barométrica não é necessária. O fator de correção é menor do que os erros potenciais da medida de pressão. A aquisição de um barômetro é, portanto, dispensável.

A conversão das medidas dos volumes respirados de ATPS para BTPS é baseada na presunção de que a temperatura do gás dentro do espirômetro resfria-se à temperatura ambiente, enquanto que a mecânica do espirômetro não se modifica com a mudança de temperatura. Este equilíbrio não é completo⁽¹²⁾; quando o indivíduo realiza manobra da CVF, o ar sai dos pulmões a 37°C, mas entra no espirômetro numa temperatura entre 33 e 35°C⁽¹³⁾. A medida dos fluxos nos pneumotacômetros é influenciada pela viscosidade do gás expirado, que varia com a com-

posição e temperatura deste e com a distância do sensor de fluxo da boca⁽¹⁴⁾. Dependendo da temperatura ambiental, o fator de correção BTPS pode chegar a 10%⁽¹⁴⁾.

Apesar das considerações acima, a correção é feita universalmente^(14,15). Futuramente poderão ser disponíveis sistemas que corrijam dinamicamente a variação de temperatura (BTPS dinâmica)⁽¹⁶⁾.

Os testes espirométricos devem ser conduzidos em temperatura ambiente entre 17 e 40°C. Contudo, temperaturas $\geq 23^\circ\text{C}$ são preferíveis para evitar uma grande diferença entre a temperatura do espirômetro e a corporal. Se uma grande diferença existe, o ar exalado não pode resfriar completamente a temperatura do espirômetro dentro do primeiro segundo da expiração. Neste caso, um fator de correção inapropriado, baseado na temperatura do espirômetro, irá usualmente ser selecionado para ajustar o volume do espirômetro para a temperatura corporal (BTPS), causando medidas de VEF_1 hiperestimadas⁽¹⁷⁾.

É comum obter-se e registrar-se a primeira temperatura do início do dia e usá-la em todos os testes. Isto é inaceitável desde que podem resultar erros de estimativa da CVF e VEF_1 acima de 5%⁽¹⁸⁾.

Métodos práticos para reduzir o erro BTPS com espirômetros de volume são⁽¹⁸⁾: 1) manter a temperatura do laboratório constante; 2) situar o espirômetro e a seringa de calibração longe de fontes de calor e ar frio; 3) "lavar" o ar do espirômetro várias vezes entre cada manobra para permitir o equilíbrio entre temperatura e umidade do espirômetro com o ar ambiente; 4) comprar espirômetro com medida interna de temperatura ou instalar termômetro interno, se não disponível. Termômetros externos não são ideais, já que a temperatura interna do espirômetro e a ambiente podem diferir; 5) em sistemas informatizados, entrar os valores para a temperatura interna antes de cada teste individual.

6.4. REALIZAÇÃO DO EXAME

O indivíduo deve repousar 5 a 10 minutos antes do teste. O procedimento deve ser descrito cuidadosamente, com ênfase na necessidade de evitar vazamentos em torno da peça bucal e da necessidade de inspiração máxima seguida de expiração rápida e sustentada até que o observador ordene a interrupção. O técnico deve demonstrar o procedimento usando um tubete.

Em sistemas fechados, o espirômetro deve ser "lavado" com ar a cada 2 testes, para prevenir hipoxemia e hipercapnia. Se o espirômetro tem absorvente de CO_2 e oxigênio não é adicionado durante o teste, a CV será subestimada por 2 a 3%; o absorvente de CO_2 então deve ser retirado. Dentaduras devem ser mantidas, a menos que sejam mal-ajustadas; o vazamento é menor pelo maior suporte dos lábios e bochechas⁽¹⁹⁾. Além disso, o uso da

dentadura aumenta o espaço retrofaríngeo e eleva levemente os fluxos em normais e em restritivos⁽¹⁹⁾.

O ambiente deve ser calmo e privado. Evitar roupas apertadas.

Se o paciente apresenta expectoração em maior quantidade, transitoriamente, o teste deve ser adiado. Alternativamente, fisioterapia pode ser feita no dia anterior.

Os fluxos expiratórios são menores ao acordar e máximos entre o meio-dia e o final da tarde. Testes longitudinais devem ser feitos aproximadamente no mesmo horário do dia, especialmente para detecção de influências ambientais.

O espirômetro deve ter sido calibrado anteriormente. A temperatura deve ser verificada e ajuste realizado. Durante o exame o paciente deve estar na posição sentada. Em pessoas de meia idade e idosos, a CVF é maior em pé (1 a 2%) e menor (7 a 8%) na posição deitada, em relação à posição sentada^(20,21), o que não ocorre em pessoas mais jovens⁽²²⁾. A cabeça deve ser mantida em posição neutra e mais ou menos fixa. A flexão e a extensão da cabeça reduzem e elevam respectivamente os fluxos expiratórios forçados iniciais por variação da rigidez traqueal⁽²³⁾.

O uso de clipe nasal é recomendado sempre, embora se tenha demonstrado que em sistemas abertos não haja diferença nos resultados obtidos⁽²⁴⁾.

A inspiração até a CPT antes da expiração forçada não deve ser muito rápida.

A pausa pós-inspiratória não deve exceder 3s. A inspiração máxima produz broncodilatação e mudanças na retração elástica. Em normais e indivíduos com asma e DPOC, os fluxos expiratórios são significativamente maiores sem uma pausa ao final da inspiração precedente à manobra, em comparação com os testes feitos com uma pausa pós-inspiratória⁽²⁵⁻²⁷⁾. Isto se deve à perda progressiva da retração elástica dos pulmões e da parede torácica com a pausa. A diferença no PFE em normais é de 15% e em DPOC de 30%, quando pausas de 5s ou mais são comparadas com ausência de pausa ou pausa com duração abaixo de 2s⁽²⁵⁾.

Em sistemas com registro gráfico, a pena ou o papel devem já estar se movendo em velocidade constante antes do início da manobra de CVF. Se a expiração começa ao mesmo tempo em que o sistema é acionado, a velocidade pode ser menor no início da manobra e o fluxo expiratório inicial será incorreto.

Se o indivíduo está realizando o teste em um sistema aberto, o tubete deve ser mantido próximo à boca e nela colocado imediatamente após o término da inspiração máxima. O tubete deve ser colocado sobre a língua, entre os dentes e os lábios cerrados, evitando-se vazamentos. O indivíduo deve ser estimulado vigorosamente para que o esforço seja "explosivo" no início da manobra. Durante a expiração o técnico deve observar o indivíduo e estimu-

lar positivamente para que o esforço seja mantido pelo tempo necessário. A imitação simultânea da manobra por parte do técnico, a visualização do gráfico expirado por parte do indivíduo testado ou a utilização de telas de incentivo podem ser de auxílio em casos mais difíceis.

6.5. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DAS CURVAS

a) Capacidade vital forçada (CVF)

Os seguintes critérios devem ser usados para julgar a aceitação dos testes obtidos da manobra expiratória forçada.

1) Início

O início do teste deve ser abrupto e sem hesitação. Qualquer manobra, mesmo sem início lento aparente, deve ter o volume retroextrapolado calculado. O VEF_1 e todos os outros fluxos devem ser medidos após a extrapolção retrógrada conforme detalhado em Técnica.

Volume de retroextrapolção maior do que 5% da CVF ou 150ml (o quer for maior) torna a manobra inaceitável⁽²⁸⁾.

O volume retroextrapolado foi um dos primeiros critérios sugeridos para avaliar o esforço expiratório inicial. As manobras com grandes volumes extrapolados são quase sempre resultado de hesitação excessiva no início da manobra de CVF e resultam em fluxos menores, incluindo o PFE. Contudo, um grande volume extrapolado nem sempre resulta num VEF_1 menor. Com esforços expiratórios crescentes, a compressão dinâmica das vias aéreas poderá resultar, excedido certo esforço, em valores decrescentes de VEF_1 (dependência negativa do esforço)⁽²⁹⁾. Isto é mais evidente na presença de obstrução ao fluxo aéreo e em indivíduos normais com pulmões grandes e músculos expiratórios em vantagem mecânica ou mais fortes.

A utilização apenas do volume extrapolado para julgar esforço satisfatório durante a porção inicial da manobra da CVF pode ser insuficiente. O PFE é o melhor índice do esforço expiratório. Variabilidade das medidas de PFE, tempo necessário para se alcançar o PFE ou a percentagem de CVF necessária para se atingir o PFE foram sugeridas para a análise do início da curva^(30,31).

Se o PFE não é fornecido, o esforço no início da manobra é impossível de avaliar; mesmo com diferenças de PFE pequenas, diferenças de até 250ml no VEF_1 poderão ocorrer^(29,32). Espiogramas obtidos graficamente em papel não são superpostos no início da manobra expiratória forçada, fazendo com que as diferenças no VEF_1 e CVF sejam impossíveis de discernir (e quando este achado é detectado o paciente já se foi).

Diversos sistemas permitem a sobreposição das curvas fluxo-volume partindo do volume máximo inspirado. Isto permite ao técnico perceber pequenas diferenças no PFE e nos fluxos em diversos segmentos da manobra da CVF.

Quando apenas a curva fluxo-volume é mostrada durante as manobras, a adição de um marcador do tempo expiratório forçado e de um gráfico de barra mostrando o volume expirado, bem como a análise imediata do fluxo ao final da expiração, compensa a relativa falta de resolução do final da curva fluxo-volume.

Manobras aceitáveis devem ter PFE dentro de 10% ou 0,5L (o que for maior) do maior PFE obtido em manobras prévias⁽³⁰⁾. A SBPT sugeriu no Consenso de 1996 que as medidas do PFE não deveriam diferir mais de 0,5L. Este critério revelou-se muito exigente, se aplicado a testes com valores elevados de PFE, daí a modificação para se aceitar até 10% nestes casos.

A importância de assegurar que o esforço expiratório inicial é máximo é a reprodutibilidade do teste. O VEF₁ foi altamente reprodutível em quase 6.000 fumantes quando o PFE foi reprodutível em um estudo⁽³³⁾. Em outro estudo recente, o VEF₁ selecionado da curva com maior PFE não foi mais reprodutível do que o maior VEF₁ retirado de qualquer curva, porém os autores incluíram no critério de aceitação das curvas um tempo mínimo para o alcance do PFE⁽³⁴⁾. Inspiração máxima deve ser assegurada em cada teste, tendo evidente influência nos fluxos expiratórios^(35,36).

2) Duração e término

A duração da expiração forçada deve ser de no mínimo 6s, a menos que um platô evidente seja observado na curva volume-tempo. Em crianças e adultos jovens e em portadores de fibrose pulmonar, o esvaziamento completo pode ser rápido e tempos abaixo de 6s são aceitáveis. Três critérios para aceitação do final do teste são estabelecidos^(14,37): 1) o doente interrompe o teste, mesmo após repetidas exortações, por desconforto, tosse ou vertigem; 2) ocorre platô evidente na curva volume-tempo por pelo menos 1s, após tempo expiratório mínimo de 6s. Se o sistema mede o volume no último segundo, este deve ficar abaixo de 25ml. Se o paciente interrompe bruscamente a expiração e a sustenta, um platô pode ser evidenciado, porém o fluxo expiratório prévio era ainda elevado. Este achado deve ser observado. Alternativamente o sistema pode ser programado para medir o fluxo nos últimos 20ml da CVF, devendo situar-se abaixo de 0,2L/s⁽³⁰⁾; 3) alguns indivíduos com obstrução grave podem continuar a expiração além de 15 segundos, de modo que 6s é simplesmente um valor mínimo. Na obstrução grave, fluxos baixos mas acima dos aceitáveis podem ser observados ao final da expiração, porém a continuação da manobra além de 15s não irá mudar apreciavelmente a interpretação. Na presença de obstrução, curvas com tempo expiratório acima de 10s são consideradas aceitáveis.

Freqüentemente doentes obstrutivos não preenchem os critérios de aceitação para o final da curva. Em pacien-

tes com obstrução moderada ou acentuada, pode-se solicitar que os mesmos, após 3s do início da expiração máxima, continuem a soprar ininterruptamente porém sem esforço máximo ("relaxe e continue soprando"). A CVF resultante pode ser maior com esta manobra⁽³⁸⁾. Os fluxos médios e terminais poderão, entretanto, ser afetados.

Em pacientes com restrição grave pode-se aceitar manobras com tempo inferior a 6 segundos, desde que haja platô no último segundo.

3) Número de testes

O número de tentativas deve levar em conta que 3 curvas aceitáveis e 2 reprodutíveis são necessárias, que existe um efeito de aprendizado com a repetição das manobras, e que há possibilidade de um indivíduo cansar ou aborrecer-se. Considerando os fatores acima, raramente mais de 8 curvas são necessárias^(39,40). Em alguns estudos, os maiores valores são conseguidos após 3 tentativas aceitáveis⁽⁴¹⁾, porém a diferença é pequena e não justifica a obtenção de mais dados se as 3 primeiras curvas são aceitáveis.

Entretanto se os critérios de reprodutibilidade (ver abaixo) não forem preenchidos, novas manobras devem ser obtidas. O teste pode ser repetido qualquer número de vezes, porém se valores reprodutíveis não são obtidos após 8 tentativas, o teste deve ser suspenso^(42,43).

6.6. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DOS EXAMES

Para aceitação final do exame, os seguintes **critérios de reprodutibilidade** devem ser preenchidos: os dois maiores valores de VEF₁ e CVF devem diferir menos de **0,15L (consenso ATS/ERS, a ser publicado)**. Os critérios de reprodutibilidade devem ser aplicados apenas após a obtenção de manobras aceitáveis⁽²⁹⁾.

Os critérios de reprodutibilidade são indicadores de exatidão⁽⁴³⁾ – a necessidade de que os valores de pelo menos uma manobra expiratória forçada adicional sejam próximos do valor máximo torna menos provável que o indivíduo tenha valores maiores do que aqueles obtidos da melhor curva.

Manobras espirométricas individuais não deveriam ser rejeitadas apenas porque não são reprodutíveis. O único critério para eliminar um teste completamente é a falência de obtenção de manobras aceitáveis após pelo menos 8 tentativas⁽⁴²⁾.

Um estudo⁽⁴³⁾ demonstrou que os critérios percentuais (5%) de reprodutibilidade para CVF e VEF₁ propostos no passado pela ATS⁽²⁸⁾ são mais freqüentemente não preenchidos por indivíduos de menor estatura e volumes pulmonares menores, porque os valores espirométricos são menores. Em contraste, indivíduos de maior estatura e com maiores volumes pulmonares preenchiam mais fre-

qüentemente estes critérios. A partir destes dados as diferenças propostas para CVF e VEF₁ para o critérios de reprodutibilidade foram elevadas para 0,2L⁽¹⁴⁾, ao invés do valor anterior de 0,1L, e a variação percentual foi abandonada.

Entretanto, estes critérios foram recentemente tidos como muito liberais. Diferença máxima de 0,15L para as duas melhores medidas de CVF e VEF₁ será sugerida no consenso ATS/ERS a ser publicado.

Outra sugestão que deve ser adotada é a da gradação da qualidade do teste, que deve ser feita pelo técnico imediatamente após o término do exame para ser incorporada ao relatório:

A = pelo menos duas manobras aceitáveis (de até 8 tentativas) com os dois maiores valores de CVF e VEF₁ diferindo \leq do que 0,15L e PFE < 10 % ou 0,5L (o que for maior).

B = pelo menos duas manobras aceitáveis com os dois maiores valores de CVF e VEF₁ entre 0,15 e 0,20L ou PFE > 15%.

C = apenas uma manobra aceitável, ou mais do que uma manobra aceitável, mas com valores de VEF₁ com variação acima de 0,20L.

D = nenhum teste aceitável (sem interpretação).

Vários estudos têm mostrado que a má reprodutibilidade do VEF₁ se associa com sintomas respiratórios, história de asma, VEF₁ basal baixo, responsividade a B_d, queda longitudinal maior do VEF₁ e maior morbidade e mortalidade^(44,45). Estas associações decorrem em grande parte de hiperresponsividade brônquica, mas não devem levar ao relaxamento em relação aos critérios de aceitação dos testes.

Em alguns pacientes a manobra expiratória pode induzir broncoconstrição, de maneira que em medidas sucessivas os valores de VEF₁ se tornam progressivamente menores; esta tendência deve ser assinalada no laudo, já que se associa com hiperresponsividade brônquica. Os maiores valores devem ser os relatados⁽⁴⁶⁾.

Muitos espirômetros atuais informatizados mostram os critérios de reprodutibilidade imediatamente.

Os critérios para seleção e análise das curvas espirométricas referidos acima se aplicam tanto a adultos quanto a crianças^(41,47).

Em torno de 15% dos idosos não colaboram na espirometria. Nível mental alterado, menor capacidade de caminhada e baixo nível educacional se associam com maior probabilidade de falência do teste. Os centros com maior número de exames realizam melhor os testes⁽⁴⁸⁾.

Com a melhora dos equipamentos, medidas precisas e acuradas podem ser hoje obtidas e é claro que a maior fonte de variabilidade nos testes espirométricos reside hoje

no procedimento e em particular na interação entre o técnico e o paciente, muito mais do que no aparelho utilizado.

6.7. SELEÇÃO DOS VALORES OBTIDOS

Dados de todas as manobras aceitáveis devem ser examinados. A CVF selecionada deve ser a maior, obtida de qualquer curva. O VEF₁ deve ser o maior valor retirado dentre as curvas com valores de PFE situados dentro dos critérios de aceitação (variação de PFE entre o maior e o menor valor < 10% ou 0,5L, o que for maior). Os valores de CVF e VEF₁ não necessariamente são provenientes da mesma manobra.

Diversas maneiras podem ser utilizadas para selecionar os fluxos em vários pontos da curva expiratória⁽⁴⁹⁾. A Sociedade Respiratória Européia⁽¹⁹⁾ sugeriu que os fluxos devem ser retirados ou da curva com maiores fluxos ou da curva “envelope”, selecionada considerando-se a maior CVF e os maiores fluxos simultaneamente. Isto resulta em fluxos mais elevados.

Na seleção dos fluxos que dependem da CVF, tais como o FEF_{25-75%} e FEF_{50%}, recomenda-se que estes devem ser retirados da “melhor manobra”, aquela com a maior soma de VEF₁ e CVF, como no exemplo abaixo (Tabela 1).

TABELA 1
Espirometria – Seleção de curvas

Teste	Curva				“Melhor” selecionada CVF + VEF ₁
	1	2	3	4	
CVF	3,08	3,02	3,00	3,08	3,08
VEF ₁	1,54	1,50	1,45	1,43	1,50
VEF ₁ /CVF	50	50	48	46	49
FEF _{25-75%}	0,66	0,60	0,63	0,62	0,60
PFE	3,45	3,79	3,85	4,00	4,00
FEF _{50%}	0,90	0,80	0,85	0,80	0,80

Observe que o PFE da curva 1 difere mais de 0,5L e 10% do valor máximo e, portanto, os valores de VEF₁ e fluxos instantâneos não devem ser retirados desta curva. Estes valores maiores decorrem de esforço submáximo, com menor compressão dinâmica.

Um problema comum pode ocorrer quando estes critérios são usados para produzir um relatório da espirometria. Se um traçado único volume-tempo ou fluxo-volume é selecionado pelo computador, ele pode não conter a CVF ou o VEF₁ que aparece nos dados tabulares.

O sistema deve permitir a seleção individual dos valores e composição de curvas a partir destes dados.

Os critérios para espirometria de boa qualidade são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2
Critérios para espirometria de boa qualidade

Pelo menos três testes aceitáveis

Inspiração máxima antes do início do teste

Início satisfatório da expiração

Evidência de esforço máximo

Volume retroextrapolado < 5% da CVF ou 0,15L, o que for o maior

Diferença entre os três maiores valores do PFE < 10% ou 0,5L/s, o que for maior

Expiração sem hesitação

Duração satisfatória do teste

Em geral > 6s

Pelo menos 10s na presença de obstrução, idealmente 15s

Término

Platô no último segundo

Desconforto acentuado ou risco de síncope

Artefatos ausentes

Tosse no 1º segundo

Vazamento

Obstrução da peça bucal

Manobra de Valsalva

Ruído glótico

Resultados reprodutíveis

Para CVF e VEF₁ os dois maiores valores devem diferir < 0,15L

Se estes critérios não são preenchidos após oito tentativas, interrompa o exame e siga com a interpretação usando os três melhores testes

Seleção das curvas para interpretação

Selecione dos testes de qualidade aceitável

Selecione a maior CVF

Selecione o maior VEF₁ das curvas com valores de PFE aceitáveis

Selecione os fluxos instantâneos da curva com maior soma de CVF e VEF₁, obedecido o critério anterior

Com base na ATS, Crapo, Enright

6.8. INSTRUÇÕES PARA O TÉCNICO

Sistemas computadorizados ao demonstrar o não preenchimento dos critérios de aceitação e reprodutibilidade permitem a quem realiza o exame a detecção do problema e sua tentativa de correção nas manobras seguintes:

- Volume extrapolado exagerado – “Sopre mais rápido no início” ou “não hesite”
- Tempo para se atingir o PFE retardado – “Sopre mais forte no início”
- Tempo expiratório < 6 seg e não há platô no último segundo (ou > 100ml foram expirados no último 0,5s da manobra) – “Sopre mais tempo”
- Fluxo terminal interrompido – “Sopre mais ar”
- Diferença grande entre os valores do PFE – “Encha ao máximo os pulmões e sopre mais forte no início”
- Diferença > 150ml entre as melhores medidas de CVF – “Encha mais os pulmões antes de soprar”
- Diferença entre os 2 melhores valores de VEF₁ exagerada – “Sopre mais rápido no início”

Exemplos de curvas inaceitáveis mais freqüentemente encontradas são mostrados na Figura 2.

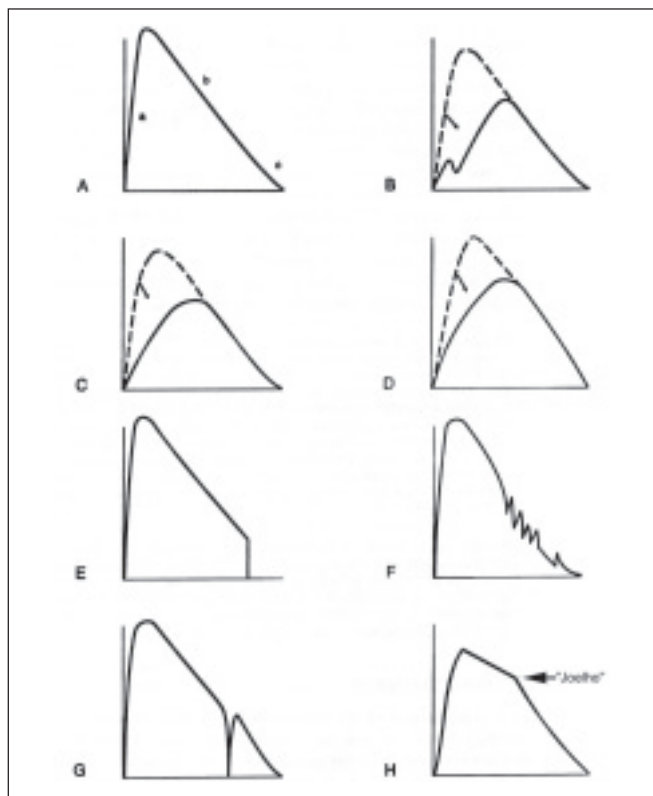


Figura 2 – Curvas inaceitáveis

6.9. CAPACIDADE VITAL LENTA (CV):

A CV é a mudança de volume medido na boca entre as posições de plena inspiração e expiração completa, sem esforço máximo. A medida pode ser feita de 3 maneiras:

- 1) Capacidade vital inspiratória (CVI) – A medida é realizada de maneira relaxada, partindo da posição de plena expiração até a inspiração máxima.
- 2) Capacidade vital expiratória (CVE) – A medida é feita de modo semelhante a partir da posição de plena inspiração até a expiração máxima.
- 3) CV em dois estágios – A CV é determinada em duas etapas com a soma da CI e VRE. Esta medida não é recomendada na rotina.

A CV deve ser medida de rotina, antes e depois de broncodilatador.

Uma manobra de CV lenta pode ser considerada aceitável se os seguintes critérios são preenchidos^(14,50-52):

- 1) O volume expiratório final das 3 respirações que imediatamente precedem a manobra de CV não deve variar mais de 0,1L. A variação do nível expiratório final usualmente indica que o indivíduo não está respirando consistentemente próximo à CRF, ou que um vazamento

está presente. Mesmo se o nível expiratório final é constante o volume corrente usualmente aumenta quando o indivíduo é convidado a respirar através de peça bucal com clipe nasal. O aumento do volume corrente pode mudar a capacidade inspiratória (CI) ou o volume de reserva expiratória (VRE), dependendo do padrão respiratório que o indivíduo assume.

2) O indivíduo deveria expirar até o VR e então inspirar sem interrupção até a CPT (CV inspiratória), ou inspirar até a CPT e expirar até o VR (CV expiratória). Um platô de volume deve ocorrer ao final da expiração e inspiração máximas.

3) Pelo menos 2 manobras de CV aceitáveis deveriam ser obtidas. Os volumes destas tentativas deveriam diferir $< 0,10L$ um do outro. Se os valores de CV não estão dentro de $0,10L$, a manobra deve ser repetida⁽⁵⁴⁾.

4) A medida da capacidade inspiratória tornou-se relevante nos últimos anos como indicativa de hiperinsuflação pulmonar e como medida desta após broncodilatador⁽⁵³⁾. Critérios para reprodutibilidade rigorosos foram sugeridos⁽⁵⁴⁾: as duas maiores medidas não devem diferir mais de $0,060L$.

5) A CV deveria não diferir mais de $0,20L$ da maior CVF. Se a CV lenta é menor do que $0,20L$ da CVF, esforço inadequado pode ser a causa. Se a CV é muito maior do que a CVF, compressão dinâmica das vias aéreas durante a manobra de CVF pode estar causando alçaponamento de ar. Esforço insuficiente durante a CVF também pode causar discrepâncias entre a CVF e a CV. Indivíduos com obstrução evidente ao fluxo aéreo tem mais freqüentemente CVF menor do que a CV. Se a CV é significativamente maior do que a CVF, a relação VEF_1/CVF pode ser superestimada. A relação VEF_1/CV deve ser usada nesta situação.

Pico de fluxo expiratório

A monitorização do pico do fluxo expiratório (PFE) geralmente é feita através de um medidor portátil para avaliar periodicamente a capacidade de pico de fluxo do indivíduo. PFE é freqüentemente usado para monitorizar pacientes asmáticos e sua resposta ao tratamento. O teste é feito pela realização de uma inspiração máxima seguida por uma expiração forçada máxima, curta e explosiva, através do dispositivo de medida (Figura 3). O indivíduo não deve tossir, o que pode acarretar valores falsamente elevados. O esforço expiratório precisa durar apenas 1 a 2 segundos.

O dispositivo para medida do PFE requer um instrumento com acurácia de $\pm 10\%$ ou dentro de $\pm 20L/min$ do valor atual, seja o que for maior. Os medidores pediátricos têm faixa de registro entre 60 a 400L/min (valor mínimo não menos que 60L/min), e os medidores adultos tipicamente variam de 100 a 850L/min (não menos que 100L/



Figura 3
Pico de fluxo
expiratório

min). O dispositivo deve ter uma resistência ao fluxo de não mais do que $2,5cmH_2O/L/s$, com fluxo de até 14L/s. Se os resultados são lidos manualmente as marcas devem ser feitas a cada 10L/min.

Desde que estes aparelhos serão freqüentemente usados em casa, dados sobre a expectativa de vida e a durabilidade devem ser fornecidos.

As diferentes marcas de medidores de pico de fluxo freqüentemente diferem nos resultados observados para o mesmo indivíduo. Esta variação no desempenho tem implicações potenciais para o manejo da asma. Os dispositivos freqüentemente exibem alinearidade⁽⁵⁴⁾. Erros absolutos para diversos medidores são mostrados na Figura 4.

Note-se que o medidor mini-Wright superestima valores na faixa intermediária por até 80L/min. No exterior os medidores mini-Wright vêm dotados de uma escala corrigida e não linear como é o caso dos dispositivos vendidos no Brasil.

A realização satisfatória do PFE é volume esforço-dependente. O esforço expiratório forçado deve ser iniciado a partir de uma posição inspiratória mantido em posição neutra pois a hiperextensão eleva e a flexão reduz o PFE por mudanças na complacência traqueal. O PFE é geralmente alcançado dentro do primeiro décimo de segundo do esforço expiratório. Instrução apropriada e estímulo do paciente são importantes para o sucesso do teste.

Clipes nasais não são necessários para a medida do PFE. Pelo menos 3 medidas devem ser realizadas em cada sessão. A manobra deve ser repetida até que 3 leituras

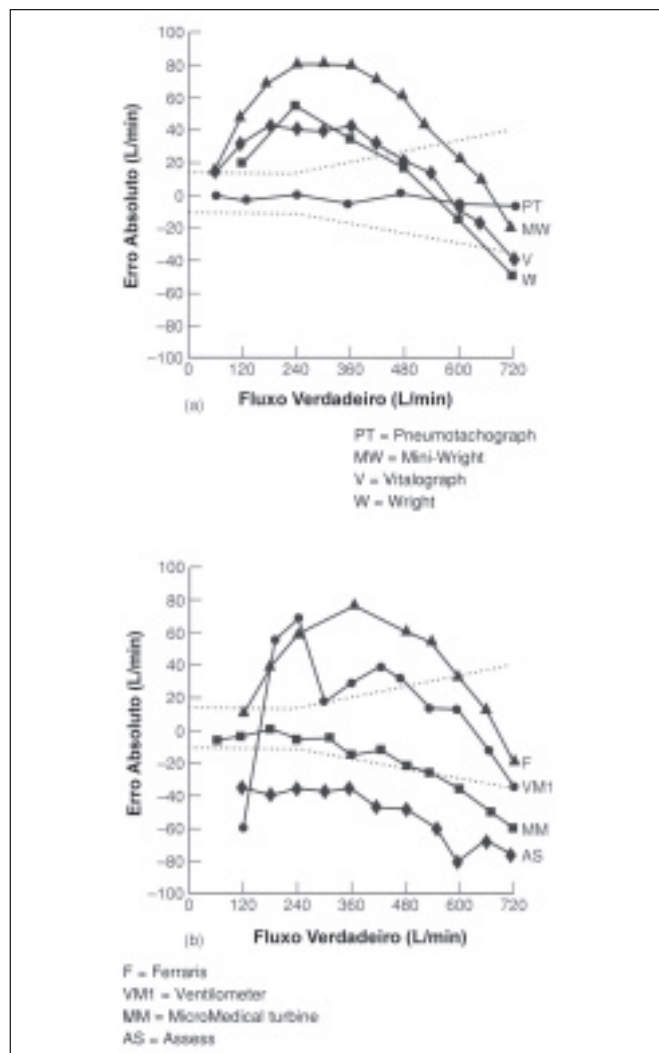


Figura 4 – Medidor de pico de fluxo

estejam dentro de 20L/min cada uma da outra⁽⁵⁵⁾. O maior valor das 3 leituras deve ser anotado. Deve-se observar se ocorre tendência ao declínio nas manobras sucessivas, o que indica broncoconstrição.

Os resultados do PFE podem ser relatados em L/s como nos espirômetros habituais ou L/min como nos medidores portáteis de PFE. A conversão é feita como se segue: fluxo L/s = fluxo L/min/60; fluxo L/min = fluxo L/s x 60.

Se a monitorização vai ser feita em casa, o indivíduo deve receber instruções de:

- Como usar apropriadamente o medidor. Instrução deve ser dada por pessoal treinado e deve ser reavaliada nas visitas sucessivas.
- Quando e como registrar os valores e outras informações significativas relacionadas à condição do indivíduo no momento do teste.

- Quais são os padrões aceitáveis e o que se deve fazer caso os valores caiam abaixo de determinados limites.

Os valores previstos sugeridos para uso no Brasil são baseados em Leiner (Tabelas 3 e 4).

TABELA 3
Previsão da média do pico de fluxo expiratório em homens normais (L/min)[†]

Idade (anos)	Estatura (cm)					
	155	160	165	170	175	180
20	564	583	601	620	639	657
25	553	571	589	608	626	644
30	541	559	577	594	612	630
35	530	547	565	582	599	617
40	518	535	552	569	586	603
45	507	523	540	557	573	590
50	494	511	527	543	560	576
55	483	499	515	531	547	563
60	471	486	502	518	533	549
65	460	475	490	505	520	536
70	448	462	477	492	507	521

[†] Retirado de Leiner GC, et al. Am Rev Respir Dis 1963;88:644.

Esses valores representam os valores médios normais na faixa de 10L/min. A previsão de valores para as minorias afro-americana e hispânica são aproximadamente 10 por cento mais baixas.

TABELA 4
Previsão da média do pico de fluxo expiratório em mulheres normais (L/min)[†]

Idade (anos)	Estatura (cm)					
	145	150	155	160	165	170
20	404	418	431	445	459	473
25	399	412	426	440	453	467
30	394	407	421	434	447	461
35	389	402	415	428	442	455
40	383	396	409	422	435	448
45	378	391	404	417	430	442
50	373	386	398	411	423	436
55	368	380	393	405	418	430
60	363	375	387	399	411	424
65	358	370	382	394	406	418
70	352	364	376	388	399	411

[†] Retirado de Leiner GC, et al. Am Rev Respir Dis 1963;88:644.

Esses valores representam os valores médios normais na faixa de 10L/min. A previsão de valores para as minorias afro-americana e hispânica são aproximadamente 10 por cento mais baixas.

Os valores previstos para o PFE exibem uma faixa de variabilidade relativamente larga (em adultos ± 80 a 100L/min), de modo que sua valorização pode ser aumentada por comparação com o melhor valor obtido em qualquer época, especialmente após tratamento intensivo da obs-

trução ao fluxo aéreo. A variabilidade do PFE pode ser mais importante que o seu valor absoluto. Pacientes com asma usualmente mostram uma variação diurna do PFE acima de 15%, embora não necessariamente em todos os dias. Este grau de variabilidade pode ser crucial no diagnóstico da asma e na avaliação da resposta ao tratamento. A variabilidade pode ser calculada de várias maneiras, desprezando-se os dois primeiros dias por efeito de aprendizado e anotando-se preferencialmente quatro medidas diárias⁽⁵⁶⁾ nos dias sucessivos. O período de monitorização deve variar entre 7 e 14 dias. A variação pode ser calculada dividindo-se o valor máximo pelo mínimo x 100⁽⁵⁷⁾, ou por medida do desvio padrão das medidas⁽⁵⁸⁾. Em crianças de 6 a 14 anos o valor Max/min% normal vai até 130% e acima de 15 anos até 118%⁽⁵⁹⁾. Se a variação for calculada pelo desvio padrão os valores normais situam-se abaixo de 25L/min nos adultos⁽⁶⁰⁾.

Valores reduzidos para o PFE, isolados da espirometria, em pacientes sem diagnóstico de doença obstrutiva, tem escasso valor clínico, já que podem ser encontrados também em doenças restritivas, pela redução do volume pulmonar.

Indivíduos com obstrução leve a moderada ao fluxo aéreo freqüentemente demonstram valores de PFE normal ou próximo do normal, de modo que a sensibilidade do teste é menor do que a espirometria para detecção de obstrução. Mesmo assim a monitorização do PFE é útil em asmáticos em crise ou em asmáticos graves no domicílio.

Em asmáticos existe uma correlação razoável entre as medidas do PFE e o VEF₁, mas em média o PFE situa-se em valores 10% acima, quando estes parâmetros são expressos em percentagem.

O PFE tem menor sensibilidade do que a espirometria para detectar resposta a broncodilatador⁽⁵⁹⁾. Além disso, em consultas sucessivas, as mudanças no VEF₁ podem não se refletir nas medidas feitas simultaneamente pelo PFE. Em 60% dos casos em um estudo ocorreram discordâncias significativas entre estas medidas⁽⁶⁰⁾. Respostas acima de 60L/min são tidas como significativas⁽⁶¹⁾. Asmáticos podem responder de várias maneiras ao broncodilatador quando se consideram os diversos parâmetros obtidos da curva fluxo-volume (Figura 5). Em certos asmáticos persistentes, com obstrução de vias aéreas periféricas, a broncodilatação pode preferencialmente reduzir a hiperinsuflação pulmonar. Isto pode resultar em redução da CPT e não elevação do PFE, pela menor vantagem dos músculos expiratórios, decorrente da queda do volume pulmonar (Figura 6). Nesta circunstância o doente refere melhora da dispnéia e não há aumento do PFE. O inverso pode ocorrer em crises onde há obstrução de vias aéreas periféricas – o paciente refere piora, mas não há queda do PFE.

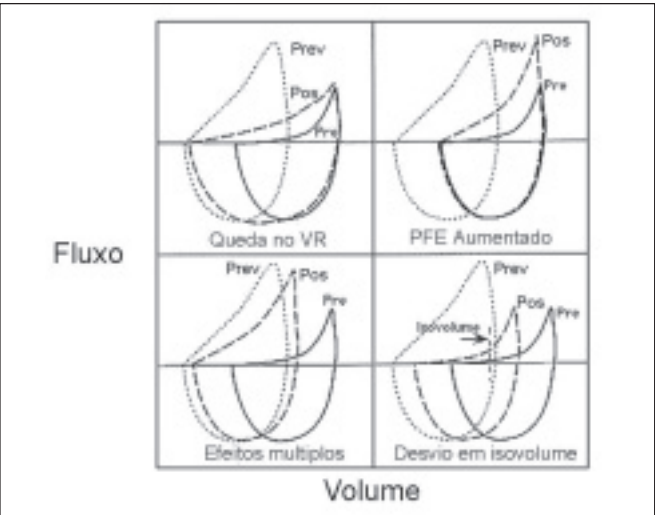


Figura 5 – PFE e resposta a broncodilatador na asma

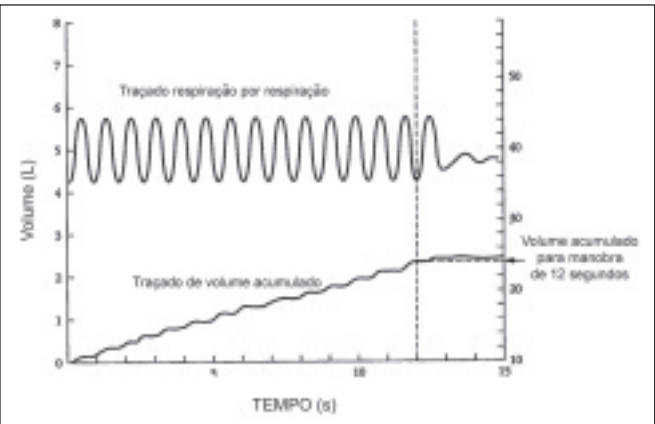


Figura 6 – Medida da ventilação voluntária máxima

Classificação da gravidade conforme a variabilidade do PFE

Pode-se utilizar a variabilidade do PFE para classificar a gravidade da asma (Tabela 5), porém há grande influência do uso de broncodilatadores nestas medidas.

TABELA 5
Monitorização do PFE diário

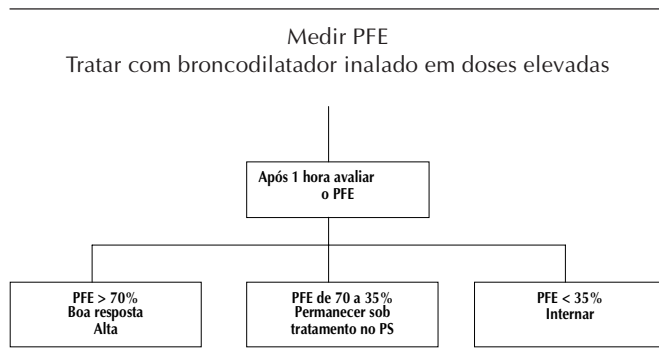
Forma clínica	Variabilidade diária*
Leve episódica	< 20%
Leve persistente	20% a 30%
Moderada e grave	> 30%

Para monitorização a longo prazo, medidas matinais, obtidas logo ao acordar e antes das medicações, são consideradas o melhor indicador da gravidade da asma.

Valores acima de 90% do melhor valor pessoal são considerados ideais, mas em asmáticos graves valores acima de 75% são aceitáveis⁽⁶²⁾.

Na emergência, as medidas do PFE são muito úteis, para monitorizar a resposta ao tratamento (Tabela 6).

TABELA 6
Manejo da asma no Pronto-Socorro,
conforme o PFE (SBPT, 1998)



Ventilação voluntária máxima (VVM)

Ventilação voluntária máxima é o maior volume de ar que o indivíduo pode mobilizar em um minuto com esforço voluntário máximo. O teste dá uma visão global inespecífica da função ventilatória. No passado, o teste era chamado de Capacidade Respiratória Máxima (CRM). A manobra do VVM é geralmente feita por um período de 10 a 15 segundos e o volume neste período de tempo é então extrapolado para o valor de 1 minuto. As unidades usadas são L/min.

VVM pode ser medida em qualquer espirômetro. Sistemas modernos registram o volume acumulado que é mobilizado durante o tempo de medida. Estes sistemas podem calcular o volume extrapolado para um minuto automaticamente.

Administração do teste

O indivíduo deve ser estimulado a respirar tão rapidamente e profundamente quanto possível durante o teste. Os volumes devem ser maiores que o volume corrente do indivíduo, mas menores do que a CV. O padrão deve ser tal que simule a respiração em uma corrida dura. É importante que a medida de volume não comece até que o paciente tenha atingido e mantenha um esforço máximo. O sucesso na medida de um valor representativo da VVM depende grandemente do esforço. Por esta razão o técnico tem um papel fundamental em estimular o examinado antes e durante a manobra. Estímulo com uma cadência “enche-solta-enche-solta” pode ajudar o paciente a manter um ritmo constante e regular.

A VVM pode ser estimada a partir do VEF₁ por diferentes fórmulas (VEF₁ x 35; VEF₁ x 37,5; VEF₁ x 40), porém

deve ser determinada diretamente. Não há sentido em determinar um parâmetro derivado diretamente de outro. Embora a correlação entre a VVM e o VEF₁ seja elevada, em casos individuais, especialmente em portadores de distúrbios restritivos, as diferenças podem ser amplas. Um teste para VVM pode considerado aceitável se⁽⁶³⁾:

- O traçado de volume-tempo demonstra que o padrão ventilatório é regular em volume ou frequência respiratória.
- O basal endo-expiratório no traçado volume-tempo permanece razoavelmente constante. A única exceção a isto é se ocorre alçapamento de ar, que se expressa por um desvio gradual para cima na linha das CRF durante o tempo da manobra.

- Um valor para a VVM é medido que no mínimo é igual ao VEF₁ do indivíduo multiplicado por 35. Isto reflete esforço adequado.

Os critérios para reprodutibilidade são:

- O maior e o segundo maior valor devem diferir menos que 10%.
- O melhor teste para o VVM é aquele que demonstra o maior valor.

A VVM deve ser determinada a partir de pelo menos duas manobras aceitáveis. As manobras deveriam ser repetidas e os resultados aceitáveis coletados até que a reprodutibilidade do teste seja demonstrada. O teste é muito cansativo e a obtenção de diversas medidas torna-se fatigante. Alguns indivíduos que têm hiperresponsividade brônquica experimentam broncoespasmo ao realizar a manobra. Nestes casos observa-se queda da VVM e elevação da linha de base com a repetição das manobras.

Valores normais para a VVM aumentam com a estatura e caem com a idade e são maiores em homens. Valores normais foram sugeridos por Neder⁽⁶⁴⁾ para a população brasileira, com base em 100 indivíduos normais, não fumantes, com idade entre 20-80 anos; não houve diferença entre os sexos quando os valores foram corrigidos para o VEF₁.

$$VVM = 37,5 \times VEF_1 + 15,8$$

$$\text{Limite inferior} = \text{previsto} - 26$$

Indicação

A medida da VVM atualmente é indicada apenas em pacientes que serão submetidos a teste cardiopulmonar de exercício. A reserva ventilatória será calculada no exercício máximo relacionando-se a ventilação máxima a VVM (valores anormais acima de 80%). A VVM testa a capacidade do indivíduo para sustentar um alto nível de ventilação. Valores anormais da VVM são demonstrados quando um indivíduo tem doença restritiva clinicamente significativa, ou especialmente obstrutiva. É possível para indivíduo com doença pulmonar restritiva ter valores para VVM dentro da faixa normal. Isto ocorre porque eles são

capazes de compensar a falta de aumento do volume com aumentos significativos na frequência respiratória. Doenças obstrutivas moderadas a graves, contudo, podem produzir valores anormais para VVM. Estes valores anormais se devem grandemente ao aprisionamento de ar exagerado e desvantagem da musculatura respiratória que ocorre neste tipo de padrão respiratório.

REFERÊNCIAS

- Moreno RB, Oyarzún MG. Recomendaciones sobre informe espirométrico. *Enferm Respir Cir Torác* 1988;4:97-103.
- Ferris BG. Epidemiology standardization project II. Recommended respiratory disease questionnaires for use with adults and children in epidemiologic research. *Am Rev Respir Dis* 1978;118(Suppl 2):7-53.
- Cotes JE. Basic equipment and methods. In: _____. *Lung function. Assessment and application in medicine*. 5th ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1993;21-64.
- Mahler DA, editor. *Dyspnea*. NY: Futura, 1990;1-271.
- Parker JM, Dillard TA, Phillips YY. Impact of using stated instead of measured height upon screening spirometry. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:1705-8.
- Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen R, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows: report of working party, standardization of lung function tests. European Community for steel and coal – official statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;6(Suppl 16):5-40.
- Rufino R, Costa CH, Antão VCS, Pinheiro GA, Jansen JM. Relação envergadura/altura: um valor para estudos espirométricos em brasileiros. *Pulmão/RJ* 1996;7:40-4.
- Garrow JS. *Obesity and related diseases*. New York: Churchill Livingstone, 1988.
- Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht²). *Am J Clin Nutr* 1991;53:839-46.
- Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *J Pneumol* 1992;18:10-22.
- Arora NS, Rochester DF. Respiratory muscle strength and maximal voluntary ventilation in undernourished patients. *Am Rev Respir Dis* 1982;126:5-8.
- Cramer D, Peacock A, Denison D. Temperature correction in routine spirometry. *Thorax* 1984;39:771-4.
- Madan I, Bright P, Miller MR. Expired air temperature at the mouth during a maximal forced expiratory maneuver. *Eur Respir J* 1993;6:1556-62.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 Update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1107-36.
- Knudson RJ, Lebowitz MD, Slatin RC. The timing of the forced vital capacity. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:315-8.
- Forche G, Harnoncourt K, Stadlober E, Zenker G. BTPS correction with dynamic spirometers. *Respiration* 1986;49:274-9.
- Townsend MC. ACOEM position statement. Spirometry in the occupational setting. American College of Occupational and Environmental Medicine. *J Occup Environ Med* 2000;42:228-45.
- Johnson LR, Enright PL, Voelker HT, Tashkin DP. Volume spirometers need automated internal temperature sensors. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:1575-80.
- Bucca CB, Carossa S, Colagrande P, et al. Effect of edentulism on spirometric tests. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:1018-20.
- Laloo UG, Becklake MR, Goldsmith CM. Effect of standing versus sitting position on spirometric indices in healthy subjects. *Respiration* 1991;58:122-5.
- Townsend MC. Spirometric forced expiratory volume measured in the standing versus the sitting posture. *Am Rev Respir Dis* 1984;130:123-4.
- Pierson DJ, Dick NP, Petty TL. A comparison of spirometric values with subjects in standing and sitting positions. *Chest* 1976;70:17-20.
- Dawson SV, Elliot EA. Wave-speed limitation on expiratory flow – a unifying concept. *J Appl Physiol* 1977;43:498-515.
- Verrall AB, Julian JA, Muir DCF, Haines AT. Use of noseclips in pulmonary function tests. *JOM* 1989;31:29-31.
- D'Angelo E, Prandi E, Marazzini L, et al. Dependence of maximal flow-volume curves on time course of preceding inspiration in patients with chronic obstruction pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:1581-6.
- D'Angelo G, Prandi E, Milic-Emili J. Dependence of maximal flow-volume curves on time course of preceding inspiration. *J Appl Physiol* 1993;75:1155-9.
- Wanger JS, Ikelle DN, Cherniack RM. The effect of inspiratory maneuvers on expiratory flow rates in health and asthma: influence of lung elastic recoil. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:1302-8.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry – 1987 Update. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:1285-98.
- Krowka MJ, Enright PL, Rodarte J, Hyatt RE. Effect of effort on measurement of forced expiratory volume in one second. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:829-33.
- Enright PL, Connett JE, Kanner RE, Johnson LR, Lee WW. Spirometry in the Lung Health Study: II. Determinants of short-term intraindividual variability. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:406-11.
- Enright PL, Johnson LR, Connett JE, et al. Spirometry in the lung health study. I. Methods and quality control. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:1215-23.
- Medinger AE. Should largest FEV₁ be reported from spirometric trials? *Am Rev Respir Dis* 1990;141(Suppl):A223 (abstract).
- Enright PL. Reporting the reproducibility of spirometric results. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:1367-8.
- Wise RA, Connett J, Kurnow K, et al. Selection of spirometric measurements in a clinical trial, the lung health study. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:675-681.
- Coates AL, Desmond KJ, Demizio D, et al. Sources of variation in FEV₁. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:439-43.
- Park SS. Effect of effort versus volume on forced expiratory flow measurement. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:1002-6.
- Crapo RO. Pulmonary-function testing. *N Engl J Med* 1994;331:25-30.
- Stoller JK, Basheda S, Laskowski D, et al. Trial of standard versus modified expiration to achieve end-of-test spirometry criteria. *Am Rev Respir Dis* 1993;148:275-80.
- Ferris BG. Epidemiology standardization project III. Procedures for pulmonary function testing. *Am Rev Respir Dis* 1978;118(Suppl 2):55-88.
- Nathan SP, Lebowitz MD, Knudson RJ. Spirometric testing. Number of tests required and selection of data. *Chest* 1979;76:384-8.
- Kanner RE, Schenker MB, Muñoz A, Speizer FE. Spirometry in children. Methodology for obtaining optimal results for clinical and epidemiological studies. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:720-4.
- Glindmeyer HW, Jones RN, Backman HW, Weill H. Spirometry: quantitative test criteria and test acceptability. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:449-52.
- Hankinson JL, Bang KM. Acceptability and reproducibility criteria of the American Thoracic Society as observed in a sample of the general population. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:516-21.
- Eisen EA, Dockery DW, Speizer FE, Fay MC, Ferris BG. The association between health status and the performance of excessively variable

- spirometry tests in a population - based study in six US cities. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:67-74.
45. Neale AN, Demers RY. Significance of the inability to reproduce pulmonary function test results. *JOM* 1994;36:660-6.
 46. Gimeno F, Berg WC, Sluiter HJ, Tammeling GJ. Spirometry - induced bronchial obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1972;105:68-74.
 47. Quanjer PH, Helms P, Bjure J, Gaultiev C, eds. Standardization of lung function tests in paediatrics. *Eur Respir J* 1989;2(Suppl 4):121-264.
 48. Bellia V, Pistelli R, Catalano F, et al. Quality control of spirometry in the elderly. The SARA study. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1094-100.
 49. Peslin R, Bohadana A, Hannahart B, Jardin P. Comparison of various methods for reading maximal expiratory flow-volume curves. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:271-8.
 50. British Thoracic Society and Associations of Respiratory Technicians and Physiologists. Guidelines for the measurement of respiratory function. *Respir Med* 1994;88:165-94.
 51. Ruppel G. Quality assurance in the pulmonary function laboratory. In: _____. *Manual of pulmonary function testing*. St Louis: Mosby, 1994; 343-92.
 52. Brown RA. Derivation, application, and utility of static lung volume measurements. *Respir Care Clin N Am* 1997 Jun;3:183-220.
 53. O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Spirometric correlates of improvement in exercise performance after anticholinergic therapy in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:542-9.
 54. Miller MR, Dickinson SA, Hitchings DJ. The accuracy of portable peak flow meters. *Thorax* 1992;47:904-9.
 55. Ayres JG, Turpin PJ. Measurement, recording and analysis of peak flow records. In: _____. *Peak flow measurement*. Chapman & Hall Medical, 1997;13-32.
 56. Malo JL, Cote J, Cartier A, Boulet LP, L'Archeveque J, Chan-Yeung M. How many times per day should peak expiratory flow rates be assessed when investigating occupational asthma? *Thorax* 1993;48:1211-7.
 57. Quackenboss JJ, Lebowitz MD, Krzyzanowski M. The normal range of diurnal changes in peak expiratory flow rates. Relationship to symptoms and respiratory disease. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:323-30.
 58. Ribeiro M, Silva RCC, Pereira CAC. Diagnóstico de asma: comparação entre o teste de broncoprovocação e a variabilidade do pico de fluxo expiratório. *J Pneumol* 1995;21:217-24.
 59. Thiadens HA, De Bock GH, Van Houwelingen JC, Dekker FW, De Waal MW, Springer MP, Postma DS. Can peak expiratory flow measurements reliably identify the presence of airway obstruction and bronchodilator response as assessed by FEV₁ in primary care patients presenting with a persistent cough? *Thorax* 1999;54:1055-60.
 60. Gaurin D, D'Aquino LC, Gagnon G, Malo JL, Cartier A. Comparison between peak expiratory flow rates (PEFR) and FEV₁ in the monitoring of asthmatic subjects at an outpatient clinic. *Chest* 1994;106:1419-26.
 61. Dekker FW, Schrier AC, Sterk PJ, Dijkman JH. Validity of peak expiratory flow measurement in assessing reversibility of airflow obstruction. *Thorax* 1992;47:162-6.
 62. Sociedades Brasileiras de Pneumologia e Tisiologia, Alergia e Imunopatologia e Pediatria. II Consenso Brasileiro no Manejo da Asma. *Jornal de Pneumologia*, 1998;4:219.
 63. Madama VC. Tests for pulmonary mechanics. In: _____. *Pulmonary Function testing and Cardiopulmonary Stress Testing*. 2th ed. Delmar Publishers, Albany, 1998;30-68.
 64. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 1999;32:719-27.

7. VALORES DE REFERÊNCIA

7.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Todas as medidas clínicas, incluindo os testes de função pulmonar, estão sujeitas a influências técnicas relacionadas ao instrumento e como o teste é realizado. O interesse da medicina clínica está na avaliação da influência de fatores não técnicos (isto é, biológicos) sobre as diferenças observadas nas medidas em indivíduos ou populações. O uso efetivo da espirometria é auxiliado por uma compreensão dos fatores que influenciam os valores obtidos. O objetivo desta compreensão é fazer medidas espirométricas que fortaleçam o sinal, isto é, a fonte de variação de interesse, e minimizar o ruído, essencialmente todas as outras fontes de variação técnica ou biológica. As fontes de variação são mostradas na Tabela 1.

TABELA 1
Fontes biológicas de variação nas medidas espirométricas

Variação	Fonte
Intra-individual	Posição do corpo e pescoço Manobra expiratória forçada e sua influência na mecânica pulmonar Exposição recente e atividades Ritmo (circadiano) diurno Efeito sazonal, semanal e anual Efeitos hormonais cíclicos
Entre os indivíduos	Todos os acima e Características pessoais, incluindo sexo, tamanho e idade Características herdadas, incluindo raça e predisposição para desenvolver certas condições respiratórias Doenças pregressas e atuais Exposição no passado ou presente Tabagismo Ocupação Outras como residência (rural/urbana, poluição doméstica e na comunidade) Fatores socioeconômicos
Intra e entre a população	Todos os acima e Efeitos de seleção (exemplificado por efeito do "trabalhador saudável" e "fumante saudável") dentro e fora do estudo da população Região geográfica/altitude Data do estudo Outros (não identificados)

Adaptado de Becklake e White⁽¹⁾

Fontes técnicas de variação

Quase sem exceção, as fontes técnicas de variação constituem ruído. A realização inadequada do teste é reconhecida há longo tempo como a maior fonte de variabilidade nos resultados.

A minimização do ruído devido a fatores técnicos é de importância capital em medicina ocupacional, onde um desfecho comum de interesse é a variação nas medidas espirométricas individuais realizadas em diferentes ocasiões (ex.: mudança do VEF_1 em um turno, ou diminuição no VEF_1 por ano).

Procedimentos padronizados, tais como calibração regular do instrumento e método uniforme da administração do teste, podem minimizar as fontes técnicas de variação relacionadas ao instrumento e ao indivíduo. A contribuição global destas fontes de variação deve ser pequena, estimada em 3%, se procedimentos de bom controle de qualidade são seguidos⁽²⁾.

Os volumes espirométricos devem sempre ser expressos em temperatura e pressão barométrica padronizadas (37°C, pressão ao nível do mar, saturado com vapor d'água (BTPS)). Quando espirômetros são usados em locais de trabalho, onde a temperatura pode aumentar durante o dia, estimativas incorretas podem resultar se os fatores de correção para o BTPS não são medidos de acordo. Se a temperatura aumenta de 20 a 32°C, os volumes irão mudar por 4%. A influência diária da pressão barométrica é de importância menor, desde que se leve em conta a pressão barométrica usual no local de medida.

A hora do dia na qual o teste é feito também pode ser de importância, desde que as medidas espirométricas individuais usualmente aumentam da manhã para a tarde, como parte do ritmo diurno.

A falência do teste, ou a incapacidade de um indivíduo repetidamente produzir medidas que variam por menos de 5%, ou 150ml, de um para outro, pode ser interpretado como uma falta de esforço ou compreensão da parte do paciente ou indivíduo.

Contudo, há evidência crescente que a manobra expiratória por si só, bem como a inspiração máxima que a precede, pode induzir mudanças nas propriedades mecânicas dos pulmões, resultando em limitação ao fluxo aéreo em alguns indivíduos. Em outras palavras, a própria manobra pode induzir mudança em um indivíduo e a falência do teste pode representar sinal (vias aéreas hiper-responsivas), mais do que ruído.

Fontes biológicas de variação

Diferenças nas medidas espirométricas no mesmo indivíduo, em tempos diferentes, são de importância particular. As fontes intra-individuais são mostradas na Tabela 1.

As fontes mais importantes de variação na espirometria entre os indivíduos são o tamanho (do qual a estatura é a medida mais freqüentemente utilizada), idade, sexo e exposição a fumaça do tabaco. O uso de valores de referência apropriados é central em reduzir o ruído em comparações de indivíduos ou populações.

A raça é um determinante da função pulmonar em outros países. Indivíduos de raça negra têm volumes de 6 a 15% menores e fluxos expiratórios forçados reduzidos, quando comparados aos indivíduos brancos; os valores para relação VEF_1/CVF são semelhantes⁽³⁾.

A razão para diferenças entre as raças é incerta. Fatores ambientais tais como nutrição e influências socioeconômicas podem contribuir para estas diferenças, bem como diferenças antropométricas (em particular a relação do tronco com a estatura em pé).

No Brasil não existem diferenças para os valores espirométricos nos indivíduos de raça branca e negra⁽⁴⁾, o que se atribui à miscigenação que se iniciou em Portugal, mesmo antes do descobrimento.

Fontes de valores de referência

Valores de referência para a maioria das aplicações clínicas deveriam basear em estudos transversais de indivíduos livres de sintomas respiratórios e de doença⁽¹⁾. É preferível escolher valores de referência para homens e mulheres da mesma população. Equações de referência devem ser baseadas em não-fumantes, desde que ajustes para os efeitos biológicos do fumo são problemáticos na interpretação clínica de rotina. Idealmente, os valores de referência deveriam ser recentes, derivados na mesma área geográfica e na altitude apropriada.

Crêterios metodológicos requerem que os valores de referência sejam obtidos por operadores treinados usando equipamentos e técnicas que preencham critérios apropriados. Finalmente, a população de referência deve ser apropriada para a questão ou uso para a qual a equação de referência é aplicada. O efeito do trabalhador "saudável" é um fator de seleção da amostra que é pertinente. Trabalhadores, como populações selecionadas, são usualmente mais saudáveis que a população geral. Isto também significa que as medidas espirométricas em amostras de trabalhadores são maiores do que aquelas da comunidade. Uma maneira de lidar com este efeito é fazer comparações apenas entre populações de trabalhadores.

7.2. FATORES MAIS RELEVANTES QUE AFETAM A FUNÇÃO PULMONAR

Antes de caracterizar os testes como anormais, variações técnicas e biológicas devem ser consideradas^(1,5).

Em ordem decrescente de importância influenciam as variáveis funcionais: sexo, estatura, raça, idade, fatores técnicos, peso e outros^(2,6).

1) Sexo

Responde por 30% da variação da função pulmonar, sendo usual a separação das equações de referência por

sexo. Os volumes pulmonares são maiores no sexo masculino, mas a relação VEF_1/CVF é discretamente menor, em média, provavelmente pela maior compressão dinâmica resultante da maior força muscular^(7,8).

Após corrigir para o tamanho, as meninas têm maiores fluxos do que os meninos, enquanto homens adultos têm maiores volumes e fluxos do que as mulheres.

2) Estatura

Após o sexo, é o determinante isolado mais importante da função pulmonar. Eventualmente, indivíduos com estaturas não usuais são testados. Nesta circunstância, a extrapolação para os dados fora da faixa de estatura do estudo de referência é aceito por alguns autores⁽⁹⁾, mas uma observação deve acompanhar os resultados, já que o volume pulmonar pode não seguir a estatura precisamente em casos extremos. Pessoas com extremos de estatura podem ser classificadas como tendo função pulmonar anormal com base nas equações previstas; deve-se usar a estatura medida e nunca a referida. A relação VEF_1/CVF pode ser reduzida por compressão das vias aéreas e resultar em falso diagnóstico de obstrução ao fluxo aéreo.

Os fluxos expiratórios são bem mais variáveis entre os indivíduos de mesma estatura do que os volumes.

3) Idade

Os valores máximos de CVF são alcançados em torno de 25 anos no sexo masculino e 20 anos no sexo feminino^(7,10).

Os estudos de valores de referência transversais levam à idéia de que a função pulmonar começa a declinar tão logo o crescimento cessa. Estudos longitudinais demonstram entretanto que, após a fase de crescimento máximo, a CVF permanece inalterada até 35 a 40 anos, seguindo-se uma fase de declínio que se acelera após os 55 anos⁽¹¹⁻¹³⁾. Em casos individuais, entretanto, os resultados são variáveis, podendo haver aumento, estabilização ou redução em adultos jovens⁽¹⁴⁾.

A falta de declínio na CVF poderia refletir um aumento na muscularidade e na força respiratória, num tempo em que a CV deveria sofrer redução por perda da elasticidade do parênquima. Este mesmo aumento da força muscular pode entretanto levar a queda dos fluxos medidos ao nível da boca, devido à maior compressão dinâmica das vias aéreas. A seleção do ponto de mudança para inclusão da idade nas equações de referência é, portanto, relativamente arbitrária, já que a transição do crescimento para a queda ocorre em idades diferentes para diferentes medidas.

A CVF e o VEF_1 sofrem um declínio mais acelerado a partir de 55-60 anos, mas idosos poderiam ter valores bem preservados, por efeito de seleção, já que se demonstrou que maior função pulmonar confere vantagem de

sobrevida⁽¹⁵⁾, mas estudos recentes não confirmaram esta hipótese (ver abaixo).

Os fluxos expiratórios caem com a idade, principalmente os terminais. Os fluxos terminais caem mais que os iniciais porque as vias periféricas perdem calibre e se tornam mais flácidas, ao contrário do que ocorre com as vias aéreas centrais⁽¹⁶⁾. A relação VEF_1/CVF declina com a idade.

4) Raça

Foi sugerido que os volumes pulmonares são 10 a 15% menores na raça negra⁽¹⁷⁾. Outros autores não encontraram diferenças proporcionais e atribuíram os achados de estudos prévios a fatores sociais^(18,19). Pessoas com mistura de raças usualmente têm valores intermediários.

No Brasil um estudo⁽⁴⁾ com 139 indivíduos do sexo masculino e 56 do sexo feminino, de raça negra, derivou equações de referência e comparou os resultados obtidos para a raça branca⁽⁷⁾, concluindo que não existiam diferenças. Os negros de outros países têm relação tronco/membros menor, o que não parece suceder no Brasil.

5) Peso

O peso afeta a maioria das medidas funcionais primeiro por aumento da função – um efeito de muscularidade – e então diminuindo a função à medida que o peso se torna excessivo – efeito de obesidade⁽¹⁸⁾. A maioria dos autores concorda em que o peso não contribui para explicar as variáveis espirométricas ou só o faz em caso de obesidade acentuada, mas a inclusão ou não do peso pode depender das características de cada população individual⁽¹⁹⁾.

No Brasil, os valores espirométricos derivados para adultos não se relacionaram com o peso⁽⁷⁾. Em crianças, embora a contribuição tenha sido pequena, teve influência significativa⁽²⁰⁾. O peso, provavelmente por refletir o aumento da massa muscular, tem considerável influência nos valores funcionais da adolescência⁽²⁰⁾.

6) Altitude

Residentes de altas altitudes têm pulmões maiores. No Brasil este fator tem pequena influência⁽⁷⁾.

7) Técnica

Além de fatores biológicos e ambientais, variações de medida podem explicar valores diferentes obtidos em populações semelhantes. As fontes de variação técnica nos testes de função pulmonar podem situar-se no instrumento, procedimento, observador, indivíduo testado, nas interações entre estes e em outros fatores como temperatura, altitude, posição e seleção e análise das curvas.

Estes fatores foram discutidos no capítulo referente a realização dos testes.

8) Estado de saúde

9) Poluição ocupacional e ambiental

O fator mais importante é o tabagismo, que afeta a função pulmonar nas crianças⁽²¹⁻²³⁾ e adultos. Há aumento da reatividade brônquica⁽²³⁾.

Inalação de outros poluentes e irritantes pode resultar em broncoconstrição em portadores de hiperreatividade brônquica.

10) Estado socioeconômico

Indivíduos fumantes de menor nível socioeconômico têm função pulmonar menor⁽²⁴⁾. Isto provavelmente resulta de condições ambientais desfavoráveis, maior frequência de doenças respiratórias e acesso menor aos serviços de saúde.

7.3. CRESCIMENTO

Os crescimentos corporal e pulmonar são proporcionais durante a infância, mas não são linearmente relacionados⁽²⁵⁻²⁷⁾. A estatura é o fator que exerce a maior influência sobre a CV na infância e a relação entre ambas é mais bem descrita por equações exponenciais ou baseadas em potência. Muitas equações consideram apenas a estatura, na infância. No maior estudo que derivou valores nacionais de referência em crianças⁽²⁰⁾, a idade e o peso, embora tenham contribuição menor, tiveram efeito significativo nas regressões. Muitos dos estudos de função na infância não avaliaram os modelos de maneira estatisticamente adequada.

Durante a adolescência, as pernas crescem proporcionalmente mais do que o tórax. A estatura em geral é máxima aos 17 anos no sexo masculino, mas a CVF continua a aumentar até os 25 anos por aumento da massa muscular. No sexo feminino, a CVF é, entretanto, máxima aos 20 anos. A derivação de valores previstos na transição da infância para a vida adulta é complexa⁽²⁸⁾; no estudo de Mallozi⁽²⁰⁾, grande número de normais nesta faixa etária foi avaliado.

Na infância as relações entre VEF_1/CVF e fluxo/CVF permanecem relativamente constantes, um limite inferior único sendo aceitável para os valores de referência. À semelhança dos adultos e, pelos mesmos motivos, as meninas têm estas relações discretamente maiores do que os meninos.

7.4. CONSIDERAÇÕES ESTATÍSTICAS

Indivíduos de mesmo sexo, idade e estatura têm diferentes valores de função pulmonar. Estes valores poderão ser analisados por: 1) medidas de tendência central, como média e mediana; 2) medidas de dispersão como o desvio padrão e 3) simetria de distribuição através de algum índice matemático.

Quando dados de referências são obtidos, o número necessário de indivíduos para combinar cada estatura e idade seria enorme. As equações de regressão são um método econômico e eficiente para descrever os valores esperados, em função do sexo, estatura e idade. As técnicas de regressão pressupõem que a função pulmonar varia simetricamente em torno de cada valor médio, expresso pela linha de regressão⁽²⁹⁾. A diferença entre cada valor medido e o esperado, derivado pela linha de regressão, é chamada resíduo. Quanto mais próximo os resíduos se situarem da linha de regressão, mais estreita será a faixa dos valores previstos.

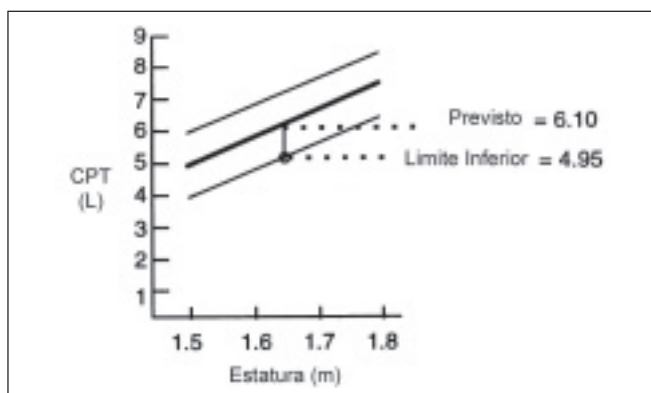


Figura 1 – Regressão linear

O ajuste de determinado modelo de regressão pode ser verificado por:

1) Coeficiente de correlação obtido elevado ao quadrado (r^2), que é chamado coeficiente de determinação. Varia de -1 a $+1$. Valores de r^2 próximo de $+1$ significam que as variáveis dependentes que entraram no modelo, “explicam”, de maneira direta, quase toda a variação da variável dependente. O coeficiente de explicação pode também ser expresso em porcentagem, para simplificação.

Em adultos, por exemplo, 50 a 60% da CVF é “explicada” pela idade e estatura num determinado sexo⁽²⁾. Em crianças estes valores se aproximam de 80%⁽²⁰⁾.

O coeficiente de explicação (r^2) não é medida ideal do ajuste das equações, já que é uma função complexa do número de pontos, faixa de valores e sua inclinação. A relação com o número de pontos é inversa, isto é, embora o aumento do número de dados permita uma estimativa melhor da inclinação e do intercepto, o valor de r será menor.

2) Resíduos e limites inferiores

Deve ser verificado se o modelo de regressão escolhido resulta num ajuste adequado dos resíduos à distribuição normal. Este ponto é essencial, porque os limites inferiores

res do previsto serão influenciados pela adequação deste ajuste. A não adequação dos resíduos significa que o modelo matemático escolhido para a regressão não é ideal, o que pode resultar em limites inferiores distantes do valor previsto. Como exemplo, se aceita hoje que os fluxos são melhor descritos por equações não lineares⁽³⁰⁾ e, portanto, a utilização destas fórmulas resulta em limites inferiores inadequados para certos grupos.

Se a dispersão em torno da regressão é constante, ao longo da reta, o limite inferior será estabelecido pela subtração de um valor fixo do valor previsto^(31,32). Em adultos, por exemplo, a CVF no sexo masculino, tem valores de dispersão uniformes, independente do valor previsto. Disto resulta que o limite inferior não pode ser estabelecido por uma percentagem fixa (Figura 2).

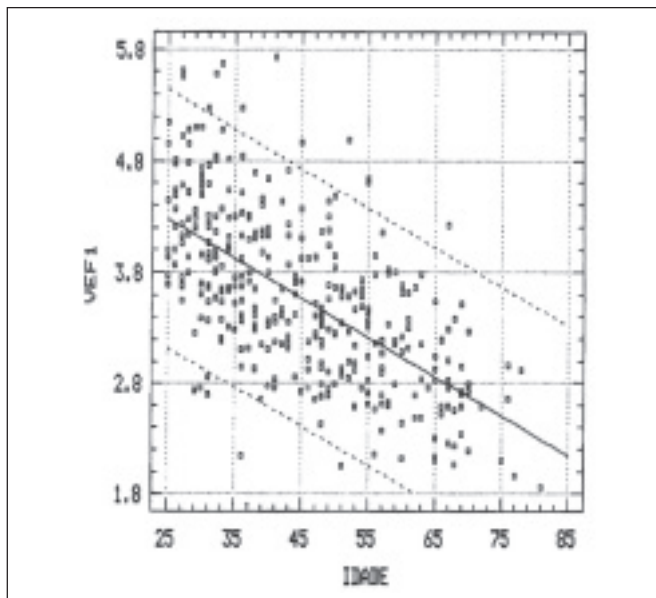


Figura 2 – Equações lineares

Para um indivíduo masculino com valor previsto de 4L, por exemplo, o limite inferior com base nos dados derivados para a população brasileira será estabelecido subtraindo-se 0,86L, o que resulta num valor inferior de 3,14L ou 79% do previsto. Já para um indivíduo idoso com CVF prevista de 3L, por exemplo, o limite inferior será determinado subtraindo-se os mesmos 0,86L, o que resultará num valor de 2,14L que, dividido pelo valor previsto, será de 71%.

O valor de 80% como limite inferior de função pulmonar surgiu com o estudo de valores derivados por Kory, hoje de interesse apenas histórico⁽³³⁾. Este autor publicou em 1961 valores normais para 468 indivíduos, tendo encontrado um valor médio para a CVF de 4,81L e EPE, derivado de regressão linear de 0,58L. Este valor x 1,645 resulta em 0,95L que subtraído do valor previsto médio

dá um valor de 3,86L ou 80%. Pennock⁽³⁴⁾ aplicou raciocínio semelhante com base nos dados de Morris⁽³⁵⁾ para justificar o limite de 80%.

Se a dispersão em torno da regressão se reduz à medida que o valor previsto cai, de maneira proporcional, os resíduos serão freqüentemente melhor ajustados à distribuição normal por transformação logarítmica das variações. Nesta situação, o limite inferior é uma percentagem fixa e independe do valor previsto.

Os fluxos em crianças e adultos derivados na população brasileira se ajustaram melhor a este modelo (Figura 3).

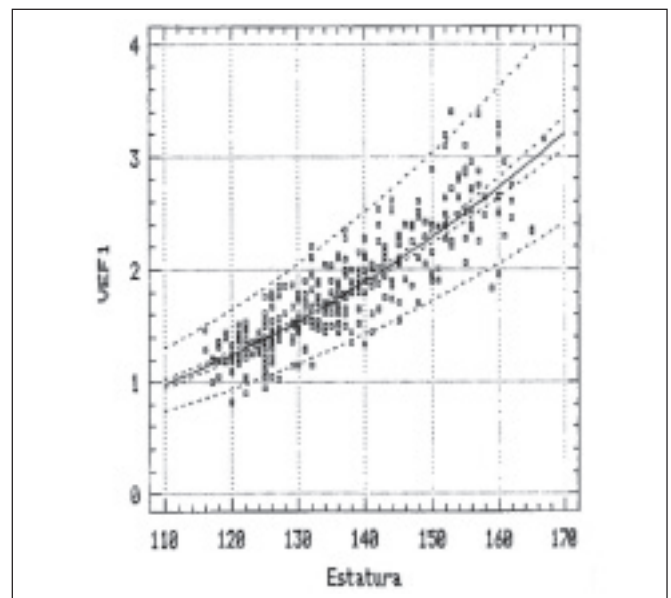


Figura 3

O limite inferior de referência é usualmente estabelecido englobando-se 95% dos indivíduos em torno da linha de regressão, e excluindo-se os 5% restantes.

Isto coloca 5% da população saudável fora da faixa de referência, o que é mais ou menos válido, dependendo da prevalência de anormalidades prévias na população em que os testes são aplicados⁽³⁶⁾. Em laboratório de função pulmonar, onde doentes são avaliados, há menor percepção da adequação dos limites inferiores do previsto, já que a probabilidade prévia da doença é alta, e a maioria dos testes é obviamente anormal.

Em muitos indivíduos com doença respiratória, com valores funcionais dentro da faixa normal, ocorreram mudanças nos testes, o que poderia ser demonstrado se exames prévios à doença fossem disponíveis. Nesta situação, um valor situado no limite inferior da faixa de referência deve ser caracterizado como tal, o que implica que o teste é mais provavelmente anormal (Figuras 4 e 5).

Na curva de regressão, a dispersão dos valores pode ser expressa pelo erro padrão de estimativa (EPE), que é o

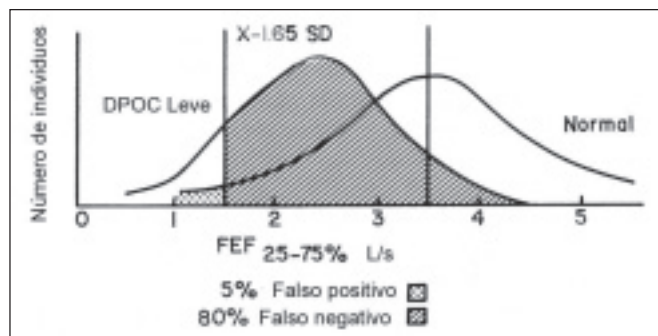


Figura 4

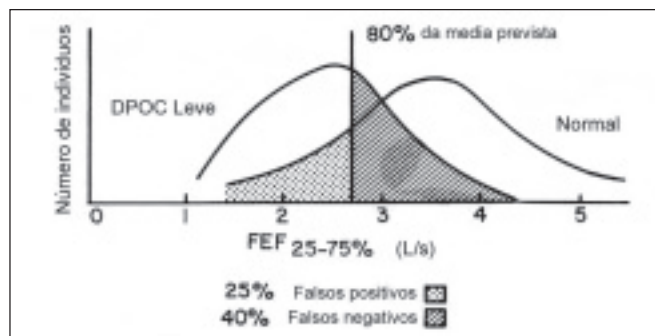


Figura 5

desvio padrão médio dos dados em torno da linha de regressão⁽²⁹⁾. Se a distribuição em torno da linha for gaussiana, a subtração do EPE $\times 1,645$ da média irá englobar 95% dos indivíduos na faixa considerada de referência, excluindo os 5% restantes. O EPE em torno da linha de regressão, numa equação linear, presume que a distribuição dos resíduos é gaussiana e fixa, isto é, os valores que separam os 5% inferiores distam igualmente da linha, independentemente de onde se situa o valor médio.

Outra maneira estatística de estabelecer os limites é pelo uso do percentil. Este método toma todos os valores dos resíduos, ordena-os numericamente e define o ponto de corte com o valor dos 5% abaixo do resíduo zero. A maior vantagem é que nenhuma suposição é feita sob a forma de distribuição da população, da qual a amostra foi retirada. A dispersão, entretanto, não pode variar aleatoriamente em relação ao valor médio ao longo da linha. Nesta situação um percentil médio escolhido poderá ser incorreto.

Se a distribuição dos resíduos se aproxima da normal, o limite inferior determinado pelo EPE $\times 1,645$ e pelo 5º percentil resultará em valores semelhantes. Se houver dissociação destes valores, é provável que a equação de regressão selecionada seja inadequada.

D) Escolha e análise dos valores de referência

O termo “valores de referência” foi introduzido para evitar muitas das dificuldades que circundam o termo “valores normais”⁽⁷⁾.

A faixa de referência dá apenas informação sobre a distribuição dos resultados do teste na população saudável da qual eles foram derivados. Não diz nada sobre o verdadeiro positivo, taxa de falso negativo ou o valor preditivo de um teste positivo⁽⁶⁾. A interpretação da espirometria deve portanto ser feita sempre à luz dos dados clínicos ou epidemiológicos⁽³⁷⁾.

A escolha de valores de referência quando pacientes com doença pulmonar clinicamente evidente são avaliados tem importância relativa porque, nesta situação, os

testes de função são simplesmente um item de informação num conjunto de vários dados sobre o indivíduo e os testes serão anormais com alta frequência. Já em exames de saúde não longitudinais o teste deve identificar uma condição num estágio precoce, porém em que a intervenção poderá melhorar a saúde do indivíduo; a seleção dos valores de referência é então de importância crítica.

Os valores de referência diferem amplamente. Glindmeyer⁽³⁸⁾, analisando várias equações publicadas, demonstrou que a CVF prevista pode variar em até 20% (Figura 6).

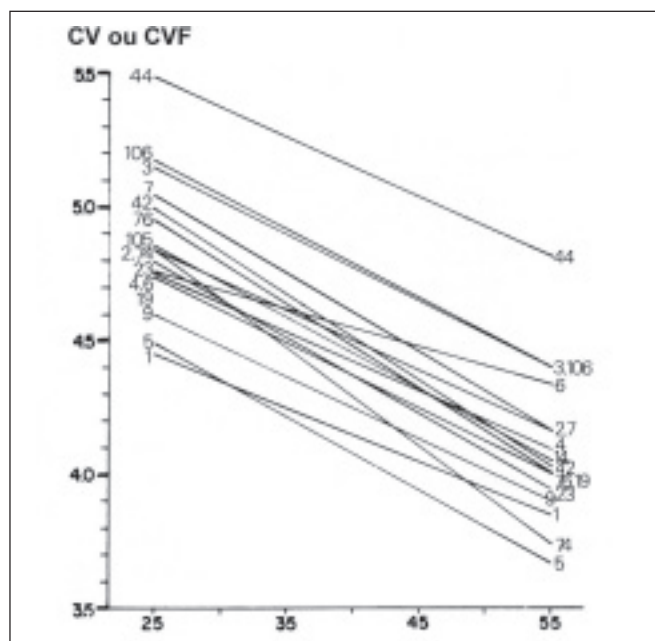


Figura 6

A escolha de equações para utilização num determinado laboratório deve levar em consideração o preenchimento de certos critérios pelo estudo que derivou os valo-

res de referência^(37,39). Seleção de valores referência deve se basear na metodologia usada para a espirometria, a população da qual os indivíduos normais foram retirados e os dados estatísticos disponíveis que descrevem os valores. Destas considerações, as mais importantes são que a população de referência represente apropriadamente os pacientes testados e que as medidas espirométricas sejam feitas com instrumentos e metodologias comparáveis.

Rigorosamente, equações de referência não deveriam ser extrapoladas para calcular valores para idades ou estaturas além daquelas observadas para gerar os dados.

1) Metodológicos – os valores devem ser obtidos com técnicas padronizadas, equipamentos acurados e leitura correta das curvas, pelos critérios hoje aceitos; **2) Epidemiológicos** – a amostra deve ser constituída de não fumantes, sem doença cardiopulmonar prévia ou atual e sem sintomas respiratórios. A amostra deve ser representativa da população em que os dados serão aplicados com respeito à idade, estatura e composição étnica; **3) Critérios estatísticos** – deve ser verificado se os vários modelos de regressão foram testados, como os resíduos se ajustaram e como os limites inferiores foram estabelecidos.

As equações derivadas da população brasileira^(7,20) preenchem os critérios acima e devem ser preferidas. São mostradas abaixo.

TABELA 2
Previstos brasileiros

1. Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de Referência para Espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *Jornal de Pneumologia* 1992;18:10-22.
2. Mallozi MC. Valores de referência para espirometria em crianças e adolescentes, calculados a partir de uma amostra da cidade de São Paulo. Valores finais publicados em: Pereira CAC, Lemle A, Algranti E, Jansen JM, Valença LM, Nery LE, Mallozi M, Gerbasí M, Dias RM, Zim W. I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. *Jornal de Pneumologia* 1996;22:105-64.
3. Scalabrini Costa F, Scueiri CEB, Silva Jr WC, Pereira CAC, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta da raça negra. *J Pneumologia* 1996;22:165-70.
4. Neder JA, Andreoni S, Castelo-Filho A, Nery LE. Reference values for lung function tests. I. Static Volumes. *Brazilian Journal Medical and Biological Research* 1999;32:703-17.
5. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 1999;32:719-27.

Não há diferenças brancos x negros em crianças ou adultos.

SEXO MASCULINO

Obs.: Todos os logs são naturais (base 2,7183)

Idade de 6-14 anos

$$CVF = 2,7183^{(\log n \text{ estatura (cm)} \times 2,7093 - 12,6205)};$$

Limite inferior = previsto x 0,79

$$VEF_1 = 2,7183^{(\log n \text{ estatura (cm)} \times 2,5431 - 11,8832)}$$

Limite inferior = previsto x 0,80

$$FEF_{25-75} = 2,7183^{(\log n \text{ estatura (cm)} \times 1,8309 - 8,5219)}$$

Limite inferior = previsto x 0,78

$$VEF_1/CVF \text{ previsto} = 93$$

Limite inferior = 83%

$$FEF_{25-75}/CVF \text{ previsto} = 118$$

Limite inferior = 91%

Idade de 15-24 anos

$$CVF = 2,7183^{(\log n \text{ estatura (cm)} \times 1,31 + \log n \text{ idade} \times 0,317 + \log \text{ peso} \times 0,3529 - 7,6487)}$$

Limite inferior = previsto x 0,81

$$VEF_1 = 2,7183^{(\log n \text{ estatura (cm)} \times 1,2158 + \log n \text{ idade} \times 0,19 + \log \text{ peso} \times 0,3077 - 6,6830)}$$

Limite inferior = previsto x 0,82

$$FEF_{25-75} = 2,7183^{(\log \text{ estatura (cm)} \times 0,7513 + \log \text{ peso} \times 0,3303 - 3,6530)}$$

Limite inferior = previsto x 0,68

$$VEF_1/CVF \text{ previsto} = 94\%$$

Limite inferior = 82%

$$FEF_{25-75}/CVF \text{ previsto} = 94\%$$

Limite inferior = 82%

Idade de 25-78 anos

$$CVF = \text{estatura} \times 0,059 - \text{idade} \times 0,0229 - 4,569$$

Limite inferior = previsto - 0,864

$$VEF_1 = \text{estatura} \times 0,0473 - \text{idade} \times 0,0281 - 3,145$$

Limite inferior = P - 0,79

$$FEF_{25-75} = 2,7183^{(\log n \text{ estatura (cm)} \times 2,002 - \log n \text{ idade} \times 0,6977 - 6,3279)}$$

Limite inferior = previsto x 0,60

$$FEF_{25-75}/CVF = 2,7183^{(6,1205 - \log n \text{ idade} \times 0,4407)}$$

Limite inferior = previsto x 0,60

$$TFF_{25-75} (s) = 2,7183^{(\log n \text{ idade} \times 0,4356 - 2,2126)}$$

Limite superior = previsto x 1,69

$$VEF_1/CVF = 2,7183^{(4,854 - \log n \text{ idade} \times 0,1198)}$$

Limite inferior = previsto x 0,90

$$VVM = 37,5 \times VEF_1 + 15,8$$

Limite inferior = previsto - 26

VOLUMES PULMONARES – MASC 20-80 anos

$$CPT = 0,118 \times \text{estatura (cm)} - 13,23$$

Limites superior e inferior: previsto \pm 1,09

$$CRF = 0,0092 \times \text{idade} + \text{estatura (cm)} \times 0,0278 - 1,83$$

Limites superior e inferior: previsto \pm 0,56

$$CI = \text{estatura (cm)} \times 0,0646 - \text{idade} \times 0,011 - 7,05$$

Limite inferior: previsto - 0,95

VR = $0,0141 \times \text{idade} + \text{estatura (cm)} \times 0,0197 - 2,08$
 Limites superior e inferior: previsto $\pm 0,61$

VR/CPT (x100) = $\text{idade} \times 0,22 - \text{estatura (cm)} \times 0,25 + 61$
 Limite superior = previsto + 8

FEF MAX (PFE) – 25-78 anos

FEF_{máx} (L/s) = $\text{Estatura (cm)} \times 0,0920 - \text{idade} \times 0,041 - 4,7183$
FEF₅₀ (L/s) = $\text{FEF}_{25-75} \times 1,14 + 0,70$

SEXO FEMININO

Sem diferenças brancos x negros em crianças ou adultos

Obs: Todos os logs são naturais (base = 2,7183)

Idade de 6-14 anos

CVF = $\text{estatura (cm)} \times 0,02417 + \text{idade} \times 0,0561 + \text{peso} \times 0,010 - 2,2197$
 Limite inferior = previsto – 0,477

VEF₁ = $\text{estatura (cm)} \times 0,02336 + \text{idade} \times 0,0499 + \text{peso} \times 0,008 - 2,1240$
 Limite inferior = previsto – 0,429

FEF₂₅₋₇₅ = $2,7183^{(\log \text{estatura (cm)} \times 2,0561 + \log \text{idade} \times 0,2791 - 9,9287)}$
 Limite inferior = previsto $\times 0,74$

VEF₁/CVF = 93 (fixo)
 Limite inferior = 81%

FEF₂₅₋₇₅/CVF = 120
 Limite inferior = 90%

Idade de 15-19 anos

CVF = $2,7183^{(\log \text{estatura} \times 1,7374 + \log \text{idade} \times 0,2823 + \log \text{peso (Kg)} \times 0,1491 - 9,0562)}$
 Limite inferior = previsto $\times 0,87$

VEF₁ = $2,7183^{(\log \text{estatura} \times 1,9293 + \log \text{idade} \times 0,2255 + \log \text{peso} \times 0,1105 - 9,8100)}$
 Limite inferior = previsto $\times 0,87$

FEF₂₅₋₇₅ = $2,7183^{(\log \text{estatura (cm)} \times 2,0561 + \log \text{idade} \times 0,2791 - 9,9287)}$
 Limite inferior = previsto $\times 0,91$

VEF₁/CVF previsto = 97%
 Limite inferior = 88%

FEF/CVF previsto = 124
 Limite inferior = 100%

Idade de 20-76 anos

CVF = $\text{estatura} \times 0,0433 - \text{idade} \times 0,0164 - 2,967$
 Limite inferior = previsto – 0,556

VEF₁ = $\text{estatura} \times 0,0338 - \text{idade} \times 0,0210 - 1,782$
 Limite inferior = previsto – 0,433

VEF₁/CVF = $2,7183^{(4,8707 - \log \text{idade} \times 0,1212)}$
 Limite inferior = previsto $\times 0,90$

FEF₂₅₋₇₅ = $2,7183^{(\log \text{estatura} \times 1,2843 - \log \text{n idade} \times 0,6546 - 3,0208)}$
 Limite inferior = previsto $\times 0,60$

FEF₂₅₋₇₅/CVF = $2,7183^{(6,1032 - \log \text{idade} \times 0,4237)}$
 Limite inferior = previsto $\times 0,61$

TFEF₂₅₋₇₅ (s) = $2,7183^{(\log \text{n idade} \times 0,4373 - 2,2555)}$
 Limite superior = previsto $\times 1,57$

VVM = $37,5 \times \text{VEF}_1 + 15,8$
 Limite inferior = previsto – 26

Volumes pulmonares – Feminino 20-80 anos

CPT = $\text{estatura (cm)} \times 0,0629 - \text{idade} \times 0,0094 - 4,48$
 Limites = previsto $\pm 0,64$

CRF = $\text{idade} \times 0,0091 + \text{estatura (cm)} \times 0,013 + 0,21$
 Limites = previsto $\pm 0,26$

CI = $\text{estatura (cm)} \times 0,0646 - \text{idade} \times 0,011 - 1,00$
 Limite = previsto – 0,95

VR = $\text{idade} \times 0,0091 + \text{estatura (cm)} \times 0,0259 - 3,15$
 Limites = previsto $\pm 0,35$

VR/CPT (x100) = $\text{idade} \times 0,23 + \text{estatura (cm)} \times 0,15 - \text{peso (kg)} \times 0,16$
 Limite = previsto + 7

Feminino – FEF_{máx} 20-80 anos

FEF_{máx} = $\text{Estatura (cm)} \times 0,0557 - \text{idade} \times 0,0286 - 1,140$
FEF₅₀ = $\text{FEF}_{25-75} \times 1,14 + 0,70$

Pressões respiratórias máximas

Sexo masculino:

P_{máx} 20 – 80 anos = $\text{peso (kg)} \times 0,48 - \text{idade} \times 0,80 + 120$
 Limite inferior = previsto – 27

P_{emáx} 20 – 80 anos = $165,3 - 0,81 \times \text{idade}$
 Limite inferior = previsto – 26

Sexo feminino:

P_{máx} 20 – 80 anos = $110,5 - \text{idade} \times 0,49$
 Limite inferior = previsto – 15

P_{Emáx} 20 – 80 anos = $115,7 - 0,62 \times \text{idade}$
 Limite inferior = previsto – 18

Para a raça negra os valores não diferem daqueles obtidos para a raça branca^(4,7,20).

Devido a mudanças nas populações ao longo do tempo, inovações tecnológicas nos equipamentos, mudanças nas padronizações para obtenção das curvas e conceitos estatísticos mutáveis, valores de referências devem ser periodicamente derivados. As equações propostas podem ser validadas em regiões particulares do país por comparação de 30 a 40 indivíduos de ambos os sexos sem doenças respiratórias, não fumantes e com ampla faixa de idade e estatura.

População estrangeira

Adultos

Diversos equipamentos disponíveis no mercado brasileiro disponibilizam apenas equações estrangeiras de referência, e as mais comuns serão comentadas. Além disso, vários colegas preferem utilizar equações norte-americanas por acreditar que elas são melhores.

Nos Estados Unidos, três equações, de Morris⁽³⁵⁾, Crapo⁽⁴⁰⁾ e Knudson⁽¹⁰⁾ eram as mais usadas até 1990⁽⁴¹⁾. Atualmente os valores de referência de Hankinson são os sugeridos para uso geral nos Estados Unidos⁽⁴²⁾. Na Europa, as equações de Quanjer⁽⁴³⁾, deduzidas de inúmeras outras por compilação e também conhecidas como ECCS, foram também muito usadas, porém vários estudos recentes demonstraram sérios problemas com a aplicação destas equações em diferentes países⁽⁴⁴⁾. Isto resultou no desenvolvimento de equações para uso nacional^(45,46).

Morris⁽³⁴⁾ – apenas dois esforços expiratórios foram obtidos. O VEF_1 foi derivado não pelo método de retro-extrapolação, o que o subestima em aproximadamente 0,2L e torna a razão VEF_1/CVF % menor.

Crapo⁽⁴⁰⁾ – uma amostra de indivíduos selecionados (mórmons), habitantes de grande altitude (1.400m), foi avaliada. Estes valores se situam entre os maiores relatados⁽⁴¹⁾.

Knudson⁽¹⁰⁾ – As equações publicadas em 1983 se basearam em regressões lineares. Apenas 86 homens foram estudados na faixa etária entre 25 e 85 anos e, diferentemente de outros investigadores, os dados espirométricos apresentavam acentuada assimetria⁽⁴⁷⁾. O limite inferior de 95% foi marcadamente diferente quando definido pelo EPE, em comparação ao 5º percentil dos resíduos. A CVF aumentou neste estudo 84ml/cm de estatura no sexo masculino, sendo a média da literatura 56ml/cm⁽⁴⁸⁾. Os valores teóricos aplicados para indivíduos brasileiros de baixa estatura resultam em valores grandemente subestimados⁽⁷⁾.

Alguns grupos no Brasil utilizam os valores teóricos para o $TFEF_{25-75}$ de Knudson⁽¹⁰⁾. Estes valores são significativamente diferentes dos derivados para a população brasileira (ver equações acima) e sua utilização resulta em diagnóstico de obstrução ao fluxo aéreo em muitos doentes que não seriam assim diagnosticados pelos valores nacionais⁽⁴⁹⁾.

Uma comparação entre os valores teóricos obtidos por Pereira, para a população brasileira, e os valores teóricos de Knudson, mostrou que as discordâncias resultam em mudanças freqüentes nos diagnósticos espirométricos⁽⁵⁰⁾.

Hankinson⁽⁴²⁾ – valores para espirometria foram obtidos em 7.429 indivíduos não fumantes, de 8 a 80 anos. Valores de referência e limites inferiores foram derivados usando um modelo polinomial. Os valores foram menores para a raça negra mas semelhantes entre os hispânicos e os caucasianos, com estatura semelhante. Estas equações, também referidas como NHANES 3, estão sendo largamente utilizadas na América do Norte, sendo as mais adequadas para aquela população (Crapo, curso ATS, 2002).

Quanjer⁽⁴²⁾ – os valores derivados por este autor, como os demais citados acima, diferem em geral dos obtidos na nossa população⁽⁷⁾.

Crianças

Valores freqüentemente utilizados para crianças são os de Polgar⁽⁵¹⁾ e Hsu⁽⁵²⁾. Os valores obtidos por Polgar foram compilados de outros autores, e uma comparação entre os valores médios derivados do Brasil em crianças de idade até 14 anos demonstrou que os valores para CVF são aproximadamente 0,2L maiores e para o VEF_1 0,05L maiores. Os valores de Hsu diferem para mais ou para menos, dependendo se indivíduos de raça branca, negros ou hispânicos são utilizados nas regressões. Estas equações utilizam apenas a estatura como variável independente, por modelos de potência, numa larga faixa de idade pediátrica.

Em crianças os modelos lineares são em geral inadequados, daí resultando diferenças nos valores previstos por Knudson⁽¹⁰⁾ para a faixa pediátrica, em comparação com os encontrados na nossa população.

Idosos

Muitos estudos têm mostrado que a baixa função pulmonar é um preditor forte de mortalidade geral, por todas as causas. Os indivíduos de meia-idade, com a menor função pulmonar teriam menor chance de sobreviver até a idade avançada, de modo que se esperam que os idosos saudáveis tivessem um VEF_1 e CVF maior do que os previstos a partir de extrapolação dos estudos de indivíduos de média idade. Entretanto, a comparação dos valores obtidos em idosos com as equações habituais não confirmou esta hipótese⁽⁵³⁾. A perda de função pulmonar é acelerada com a idade, de modo que equações que estudam o declínio desde o máximo da função pulmonar até a idade avançada terão menor inclinação e, portanto, superestimam os valores funcionais dos idosos. Além disso, diversas condições podem afetar a função em idosos e devem ser excluídas do grupo de referência, tais como uso de diuréticos, betabloqueadores e diabetes.

Dois estudos norte-americanos^(53,54) derivaram valores previstos para indivíduos idosos (acima de 65 anos). Os valores previstos se aproximam daqueles obtidos em estudos em que um bom número de idosos foi incluído⁽⁴⁷⁾; entretanto os limites inferiores diferem. É necessário o desenvolvimento de equações de referência nacionais para esta faixa etária. Até que tal ocorra sugere-se a adoção de uma das equações acima, dependendo de comparações com uma amostra brasileira.

REFERÊNCIAS

1. Becklake MR, White N. Sources of variation in spirometric measurements – Identifying the signal and dealing with noise. *Occupational Med* 1993;8:241-63.
2. Becklake MR. Concepts of normality applied to the measurement of lung function. *Am J Med* 1986;80:1158-63.

3. White NW, Hanley JH, Laloo HG, Becklake MR. Review and analysis of variation between spirometric values reported in 29 studies of healthy African adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:348-55.
4. Scalabrini Costa F, Scueiri CEB, Silva Jr WC, Pereira CAC, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta da raça negra. *J Pneumol* 1996;22:165-70.
5. Buist AS. Evaluation of lung function: concepts of normality. In: Simmons DH. *Current pulmonology*. Vol. 4. Wiley Medical, 1983;141-65.
6. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:1202-18.
7. Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *J Pneumol* 1992;18:10-22.
8. Knudson RJ, Achroter RC, Knudson DC, Sujiara S. Influence of airway geometry on expiratory flow limitation and density dependence. *Respir Physiol* 1983;51:113-23.
9. Aikten ML, Schoene RB, Franklin J, Pierson DJ. Pulmonary function in subjects at the extremes of stature. *Am Rev Respir Dis* 1985;131:166-8.
10. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:725-34.
11. Harber P. Interpretation of lung function tests. In: Simmons DH, editor. *Current pulmonology*. St. Louis: Mosby, 1991;261-96.
12. Burrows B, Cline MG, Knudson RJ, Taunig LM, Lebowitz MD. A descriptive analyses of the growth and decline of the FVC and FEV. *Chest* 1983;83:717-24.
13. Tager IB, Segal MR, Speizer FE. The natural history of forced expiratory volumes. Effects of cigarette smoking and respiratory symptoms. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:837-49.
14. Robbins DR, Enright PL, Sherrill DL. Lung function development in young adults: is there a plateau phase? *Eur Respir J* 1995;8:768-72.
15. Beaty TH, Newill CA, Cohenb BH, Tockman MS, Bryant SH, Spurgeon HA. Effects of pulmonary function on mortality. *J Chronic Dis* 1985;38:703-10.
16. Knudson RJ. Physiology of the aging lung. In: Crystal RG, West JB, editors. *The lung*. Scientific foundations. New York: Raven Press Ltd., 1991;1749-59.
17. Rossiter CE, Weill H. Ethnic differences in lung function: evidence for proportional differences. *Int J Epidemiol* 1974;3:55-61.
18. Myers JE. Differential ethnic standards for lung function, or one standard for all? *South Afr Med J* 1984;65:768-72.
19. Schoenberg JB, Beck GJ, Bouhys A. Growth and decay pulmonary function in healthy blacks and whites. *Respir Physiol* 1978;33:367-93.
20. Mallozi MC. Valores de referência para espirometria em crianças e adolescentes, calculados a partir de uma amostra da cidade de São Paulo. Valores finais publicados em: Pereira CAC, Lemle A, Algranti E, Jansen JM, Valença LM, Nery LE, Mallozi M, Gerbasi M, Dias RM, Zim W. I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. *J Pneumol* 1996;22:105-64.
21. Wang XW, Gold DR, Speizer FE, et al. A longitudinal study of the effects of parental smoking on pulmonary function in children 6-18 years. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:1420-5.
22. Haby MM, Peat JK, Woolcock AJ. Effect of passive smoking, asthma, and respiratory infection on lung function in Australian children. *Ped Pulmonol* 1994;18:323-9.
23. Sherman CB. The health consequences of cigarette smoking. *Pulmonary diseases*. *Med Clin North Am* 1992;76:355-75.
24. Cincotto AN. A influência da classe social nos sintomas, nos antecedentes respiratórios e na função pulmonar em uma amostra da população brasileira adulta de fumantes e não fumantes. Tese, Doutorado, Escola Paulista de Medicina, 1993;146p.
25. Quanjer PH, Borsboom GJJM, Brunekreef B, Zach M, Forche G, Cotes JE, Sanchis J, Paoletti P. Spirometric reference values for white European children and adolescents: Polgar revisited. *Ped Pulmonol* 1995;19:135-42.
26. Wang XW, Dockery DW, Wypij D, Fay ME, Ferris BG. Pulmonary function between 6 and 18 years of age. *Ped Pulmonol* 1993;15:75-88.
27. Polgar GJ, Weng TR. The functional development of the respiratory system. *Am Rev Respir Dis* 1979;120:625-95.
28. Lebowitz MD, Sherrill DL. The assessment and interpretation of spirometry during the transition from childhood to adulthood. *Ped Pulmonol* 1995;19:143-9.
29. Dias RM. Análise das equações para previsão de valores espirográficos normais. *J Pneumol* 1990;16:206-11.
30. Dirksen A, Groth S. Calculation of reference values for lung function tests. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1986;22:231-7.
31. Miller A, Thornton JC. The interpretation of spirometric measurements in epidemiologic surveys. *Environ Res* 1980;23:444-68.
32. Miller MR, Pincock A. (Editorial) Predicted values: how should we use them? *Thorax* 1988;43:265-7.
33. Kory RC, Callahan R, Boren HG, Syner JC. The veterans administration-army cooperative study of pulmonary function. *Am J Med* 1961;30:243-58.
34. Pennock BE, Cottrell JJ, Rogers RM. Pulmonary function testing. What is normal? *Arch Intern Med* 1983;143:2123-7.
35. Morris JF, Koski A, Johnson LC. Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am Rev Respir Dis* 1971;103:57-67.
36. Clausen JL. Prediction of normal values. In: _____. *Pulmonary function testing. Guidelines and controversies*. Equipment, methods and normal values. Grune & Stratton. Inc 1982;49-59.
37. American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 Update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1107-36.
38. Glindmeyer HW. Predictable confusion. *JOM* 1981;23:845-9.
39. Taussig LM, Chernick V, Wood R, et al. Standardization of lung function testing in children. *J Pediatr* 1980;97:668-76.
40. Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981;123:659-64.
41. Ghio AJ, Crapo RO, Elliot CG. Reference equations used to predict pulmonary function. *Chest* 1990;97:400-3.
42. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general US population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:179-87.
43. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen R, Peslin R, Yearnault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows: report of working party, standardization of lung function tests. European Community for steel and coal – official statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;6(Suppl 16):5-40.
44. Baur X, Isinghawsen S, Degens P. Comparison of lung-function reference values. *Int Arch Occup Environ Health* 1999;72:69-83.
45. Roca J, Burgos F, Sunyer J, Saez M, Chinn S, Anto JM, Rodriguez-Roisin R, Quanjer PH, Nowak D, Burney P. Reference values for forced spirometry. Group of the European Community Respiratory Health Survey. *Eur Respir J* 1998;11:1354-62.
46. Brandli O, Schindler C, Kunzli N, Keller R, Perruchoud AP. Lung function in healthy never smoking adults: reference values and lower limits of normal of a Swiss population. *Lung function in healthy never smok-*

- ing adults: reference values and lower limits of normal of a Swiss population. *Thorax* 1996;51:277-83.
47. Miller A. Reference values for pulmonary function tests. In: _____. Pulmonary function tests in clinical and occupational lung diseases. Grune & Stratton, 1986;197-213.
 48. Mathur N, Ratogi SK, Gupta BN, Husain T. A global comparison of predicting equations on spirometry in the male population. *Int J Epidemiol* 1990;19:331-8.
 49. Vitório PK, Pereira CAC, Cesarette EM, Novak VNM, Santos MACS. TEF₂₅₋₇₅: comparação entre previstos de Pereira e de Knudson. *J Pneumol* 1996;50 (resumo).
 50. Ladosky W, Andrade RT, Loureiro NG, Gandar JMB, Botelho MM. Comparação entre valores espirométricos de referência obtidos a partir de equações de Knudson e de Pereira. *J Pneumol* 2001;27:315-20.
 51. Polgar C, Promadhat V. Pulmonary function testing in children: techniques and standards. Philadelphia: WB Saunders, 1971.
 52. Hsu KHK, Jenkins DE, Hsi BP. Ventilatory function of normal children and young adults, Mexican, American, white and black. I. Spirometry. *J Pediatr* 1979;95:14-23.
 53. Enright PL, Adams AB, Boyl PJR, Sherrill DL. Spirometry and maximal respiratory pressure references from healthy Minnesota 65 to 85-year-old women and men. *Chest* 1995;108:663-9.
 54. McDonnell WF, Enright PL, Abbey DE, Knutsen SF, Peters JA, Burchette RJ, Lebowitz MD. Spirometric reference equations for older adults. *Respir Med* 1998;92:914-21.

8. INTERPRETAÇÃO

CV(F)

A CVF é normalmente igual à CV lenta. Em indivíduos sem obstrução ao fluxo aéreo a CVF e a CV devem diferir menos de 0,2L. CVF maior que CV significa em geral falta de colaboração na manobra lenta. A CVF pode ser menor do que a CV em indivíduos com distúrbio obstrutivo (diferença significativa acima de 0,2L), se a expiração forçada causa colapso de vias aéreas, com resultante alçapamento de ar^(1,2).

A CVF pode ser reduzida no enfisema pela perda do suporte elástico das pequenas vias aéreas. A CVF também pode ser reduzida por tampões de muco e estreitamento bronquiolar, como se encontra na bronquite crônica, asma e bronquiectasias. CVF reduzida também pode ser vista, em alguns indivíduos com obstrução de vias aéreas centrais, como tumores⁽³⁾. Neste caso também a CV pode ser muito maior que a CVF.

Muitos indivíduos com obstrução ao fluxo aéreo têm CVF na faixa prevista. Contudo, o tempo requerido para expirar a CVF (tempo expiratório forçado) é freqüentemente prolongado. Indivíduos normais expiram a sua CVF em geral em menos de 6s. Indivíduos com obstrução acentuada ao fluxo aéreo podem requerer 20s ou mais para expirar totalmente a CVF. Medida acurada da CVF em indivíduos gravemente obstruídos pode ser limitada pelo intervalo no qual o espirômetro acumula volume. Muitos espirômetros acumulam volume apenas por 6 ou 10s. A CVF e os fluxos derivados de tais curvas podem ser inacur-

rados se o indivíduo interrompe a expiração forçada num tempo insuficiente para esvaziamento pulmonar completo. O diagnóstico de obstrução será entretanto quase sempre evidente se pelo menos 10s de registro forem obtidos.

CV(F) reduzida é também achado comum de doenças restritivas⁽⁴⁾. Neste caso, diferentemente das doenças obstrutivas, a redução percentual do VEF₁ acompanha de perto a redução da CV(F)⁽⁵⁾.

Uma CV(F) menor que o previsto em indivíduos com restrição pode resultar de um aumento na quantidade ou tipo de colágeno, como na fibrose pulmonar. Fibrose pulmonar também pode decorrer de inalação de poeiras, efeito de drogas ou radiação. Restrição também pode resultar do acúmulo de líquido intrapulmonar, transudato ou exsudato, como em edema pulmonar ou pneumonias. Lesões que ocupam espaço, tais como tumores ou derrames pleurais, também podem reduzir a CV(F) ao comprimir o tecido pulmonar⁽⁴⁾.

Doenças neuromusculares, tais como miastenia gravis, ou deformidades da parede torácica, como escoliose, limitam a mobilidade da parede torácica. Qualquer doença que afete a função de fole da parede torácica ou a distensibilidade do tecido pulmonar tende a reduzir a CV(F).

Obesidade e gravidez podem causar CV(F) reduzida, porque interferem com a movimentação do diafragma e a excursão da parede torácica.

Do exposto acima se conclui que a redução da CV(F) é um achado funcional inespecífico. A interpretação de CV(F) reduzida em indivíduos com obstrução ao fluxo aéreo é discutida adiante.

Pacientes com dispnéia, CVF reduzida, razão VEF₁/CVF e FEF₂₅₋₇₅/CVF ou TFEF_{25-75%} normais e radiografia de tórax normal, devem ser avaliados para: 1) obesidade – se a relação P/est² estiver elevada e o VRE reduzido (abaixo de 0,40L), o diagnóstico de restrição por obesidade pode ser aceito⁽⁶⁾; 2) doença neuromuscular – a força dos músculos respiratórios será reduzida e o VRE será o compartimento da CVF mais afetado⁽⁷⁾. Além disso a CV obtida em decúbito dorsal poderá ser menor 25% ou mais em relação à obtida na posição sentada⁽⁸⁾; 3) doença cardíaca deve ser excluída por dados clínicos e complementares; 4) se a causa da restrição permanece obscura, medida de difusão de CO deve ser obtida; se baixa, aponta para doença intersticial ou de circulação pulmonar (esta pode resultar em restrição leve). Se normal, sugere restrição extrapulmonar, porém não exclui a possibilidade de doença intersticial. TCAR estará a seguir indicada para avaliar presença de doença intersticial, porém em um estudo a TC de alta resolução foi normal em 3 de 25 casos de fibrose pulmonar idiopática com repercussão funcional⁽⁹⁾.

Os mecanismos para redução da CV(F) são mostrados na Figura 1.

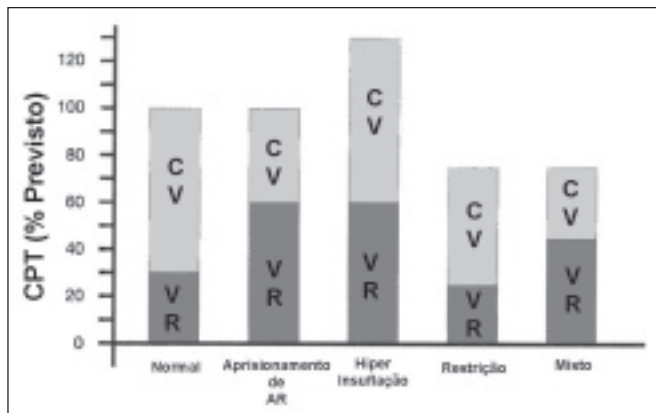


Figura 1 – CV reduzida: mecanismos.

VEFt

As manobras de VEFt medem o volume de gás expirado em várias unidades de tempo, sendo, na realidade, medidas do fluxo médio, em seus respectivos intervalos de tempo. O VEF_1 é a medida básica do VEFt, mas o registro do VEF_3 e VEF_6 é interessante.

Distúrbio ventilatório obstrutivo é caracterizado por redução do fluxo expiratório em relação ao volume pulmonar expirado. A obstrução ao fluxo aéreo resulta da redução da retração elástica e/ou aumento da resistência das vias aéreas. Os distúrbios obstrutivos resultam, nas fases iniciais, em redução dos fluxos terminais, porém a expressão “obstrução ao nível de pequenas vias aéreas” para caracterizar este achado deve ser abandonada⁽¹⁰⁾.

O VEF_1 pode também ser reduzido na presença de obstrução de grandes vias aéreas; nestes casos a obstrução central será mais aparente nas curvas fluxo-volume.

Indivíduos com VEF_1 acentuadamente reduzido têm chance muito maior de morrer por DPOC⁽¹¹⁾ e por câncer de pulmão⁽¹²⁾. Embora o VEF_1 se correlacione com o prognóstico e a gravidade dos sintomas em muitas formas de doença pulmonar obstrutiva, a evolução para pacientes individuais não pode ser prevista acuradamente.

O VEFt avalia basicamente distúrbios obstrutivos. Pode, secundariamente à redução da CVF, estar diminuído em distúrbios restritivos isolados, sendo que neste caso o VEF_1 em percentagem é em geral maior do que a CVF percentual, sendo a CVF no máximo 5% maior⁽⁵⁾.

Os valores também podem ser reduzidos por esforço inadequado ou falta de cooperação.

FEF_{25-75%} e fluxos teleexpiratórios

Há 40 anos o $FEF_{25-75\%}$ foi proposto como um índice de função pulmonar⁽¹³⁾. Posteriormente, sua sensibilidade para detecção de obstrução foi estabelecida^(14,15) e vários estudos de correlação anátomo-funcional demonstraram que na presença de $FEF_{25-75\%}$ anormal existem alterações

histológicas nas vias aéreas periféricas⁽¹⁶⁾. Os diferenças de sensibilidade do $VEF_1/CVF\%$ ou $VEF_1\%$ e o $FEF_{25-75\%}$, em pacientes com DVO leve ou outros grupos propensos a DVO, dependem grandemente da seleção das equações de regressão utilizadas e de como o limite inferior é definido. Já comparações de anormalidades em pacientes com DPOC estabelecida tendem a mostrar mudanças muito mais surpreendentes para o $FEF_{25-75\%}$ do que para a relação $VEF_1/CVF\%$. Entretanto, devido à correlação existente entre o $FEF_{25-75\%}$ e a razão $VEF_1/CVF\%$, quando esta é anormal a medida do $FEF_{25-75\%}$ torna-se redundante.

O $FEF_{25-75\%}$ mede o fluxo médio num determinado intervalo de volume que inclui o fluxo de vias aéreas de médio e pequeno calibre. Os valores diminuem com a idade. O $FEF_{25-75\%}$ é bastante variável, melhor expresso em todas as idades por equações logarítmicas e seu limite inferior situa-se em geral na faixa de 60 a 65% dos valores previstos⁽¹⁷⁻¹⁹⁾.

A grande variabilidade dos fluxos pode ser reduzida fazendo-se a divisão dos mesmos pela CVF, já que o volume pulmonar tem alguma relação com o calibre das vias aéreas. A relação $FEF_{25-75\%}/CVF$ foi proposta com este objetivo. Num estudo longitudinal de mais de 1.000 indivíduos, os melhores preditores do declínio funcional nos fumantes foram a razão $VEF_1/CVF\%$ e a razão $FEF_{25-75\%}/CVF$ iniciais⁽²⁰⁾.

O $TEF_{25-75\%}$ ^(21,22) é considerado por alguns autores como relativamente independente do volume e mais fácil de interpretar, porém a sua correlação com o $FEF_{25-75\%}/CVF\%$ é perfeita, já que $TEF_{25-75\%} = CVF/2 \times FEF_{25-75\%}$ ⁽¹⁷⁾. A relação $FEF_{25-75\%}/CVF\%$ tem unidades em recíproca de tempo (L/s), o que é de mais difícil compreensão do que o $TEF_{25-75\%}$, que reflete diretamente o prolongamento da expiração em distúrbio obstrutivo. Entretanto, a relação $FEF_{25-75\%}/CVF\%$ tem unidade igual à relação VEF_1/CVF (1/tempo), o que é semelhante a uma constante que expressa a velocidade de esvaziamento pulmonar (1/Resistência x Complacência)⁽²³⁾. A escolha de um dos dois índices (TEF ou FEF/CVF) é indiferente.

Quando os coeficientes de correlação entre variáveis antropométricas e fluxos e volumes são comparados, observa-se sistematicamente que as correlações para os fluxos são menores; disto resulta a grande variabilidade dos fluxos e sua dificuldade de interpretação, o que levou a ATS a ignorá-los na análise da espirometria⁽¹⁰⁾. Recentemente demonstrou-se que o $FEF_{25-75\%}$ tem valor preditivo para óbito por DPOC, mesmo após ajustes para o VEF_1 ⁽²⁴⁾. Em muitos pacientes a relação $FEF_{25-75\%}/CVF$ adiciona sensibilidade à relação VEF_1/CVF para detecção de obstrução ao fluxo aéreo, e foi consenso entre os discutidores sua manutenção da interpretação funcional⁽²⁵⁾.

Na presença de fluxos terminais reduzidos, e com dados clínicos compatíveis com doença obstrutiva, o laudo

poderá ser de **limitação ao fluxo aéreo em baixos volumes pulmonares ou distúrbio ventilatório obstructivo leve.**

Futuramente dados previstos para as relações entre FEF_{50}/CVF e FEF_{75}/CVF deverão ser disponíveis para a população brasileira.

Pico de fluxo expiratório (PFE)

O PFE é um parâmetro expiratório esforço-dependente, que reflete o calibre das vias aéreas proximais. A interpretação de redução do PFE deve ser valorizada apenas quando valores reprodutíveis forem obtidos. A dependência do esforço torna a medida do PFE um índice interessante para avaliar a colaboração na fase precoce da expiração – a pressão transpulmonar máxima se correlaciona bem com o PFE máximo⁽²⁶⁾. O PFE pode ser utilizado como um índice da capacidade de tossir ou, indiretamente, da força expiratória.

Em portadores de DPOC, especialmente naqueles com extenso enfisema, um pico de fluxo espiculado na curva fluxo-volume pode ser seguido de um rápido declínio dos fluxos expiratórios, com grande diferença entre o VEF_1 e o PFE em % do previsto. O uso do PFE irá subestimar o grau de obstrução.

O PFE será amputado em casos de obstrução central de vias aéreas. Valores uniformemente reduzidos e reprodutíveis nestes casos indicam acentuada redução da luz traqueal e podem ser utilizados para monitorizar o curso do processo.

Embora aumento de mais de 60L/min após broncodilatador no PFE, medido por aparelhos portáteis, se correlacione bem com elevação significativa do VEF_1 ⁽²⁷⁾, a reversibilidade em doenças obstrutivas é verificada com mais segurança por espirometria.

Curva de fluxo-volume

Reduções significativas no fluxo ou no volume são facilmente discerníveis nas curva de fluxo-volume (Figura 2).

A forma da curva expiratória em indivíduos normais demonstra uma linha reta ou discretamente côncava para o eixo de volume. Em indivíduos com obstrução leve difusa o fluxo é diminuído particularmente em baixos volumes pulmonares, havendo com a progressão da obstrução uma concavidade maior aparente na curva. A inclinação da curva fluxo-volume (pico de fluxo/ CVF) é a constante de tempo média de esvaziamento dos pulmões e se correlaciona com a relação VEF_1/CVF ⁽²¹⁾. Os valores para os fluxos terminais são sempre mais alterados percentualmente quando há obstrução difusa, o contrário ocorrendo em obstrução de vias aéreas centrais. A redução do $FEF_{50\%}$ se correlaciona bem com o $FEF_{25-75\%}$ em distúrbios obstrutivos, porém os valores absolutos para o $FEF_{50\%}$ são maiores.

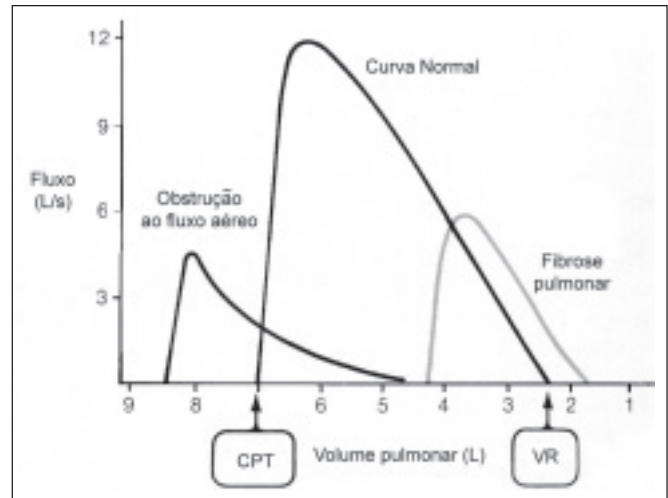


Figura 2 – Curva fluxo-volume

Devido a que a perda da retração elástica e o aumento da resistência das vias aéreas resultam num perfil de obstruções ao fluxo aéreo semelhante, diferentes doenças obstrutivas, como asma, enfisema e bronquite crônica, são indistinguíveis pela análise da curva fluxo-volume.

A obstrução das vias aéreas superiores⁽²⁸⁻³³⁾ mostra achados característicos nas curvas expiratória, inspiratória ou ambas (Figuras 3, 4, 5).

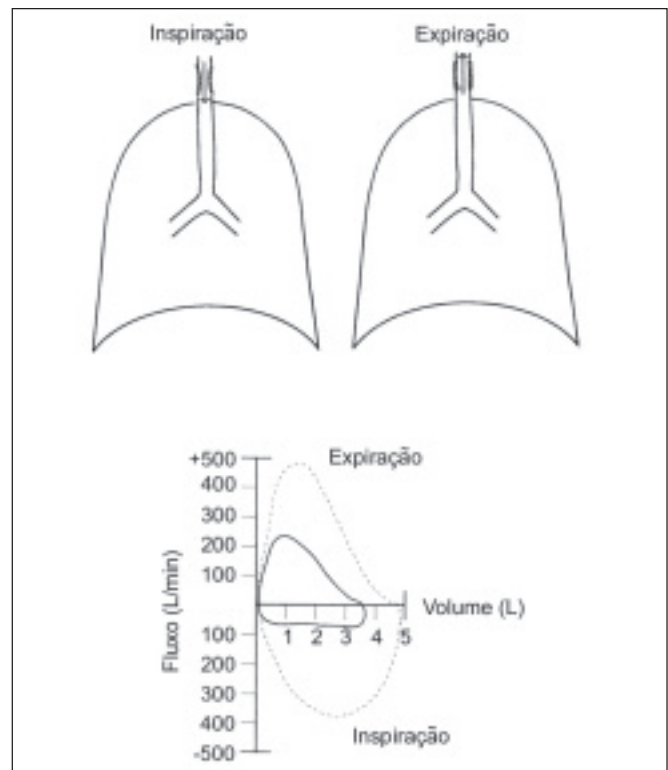


Figura 3 – Obstrução alta extratorácica

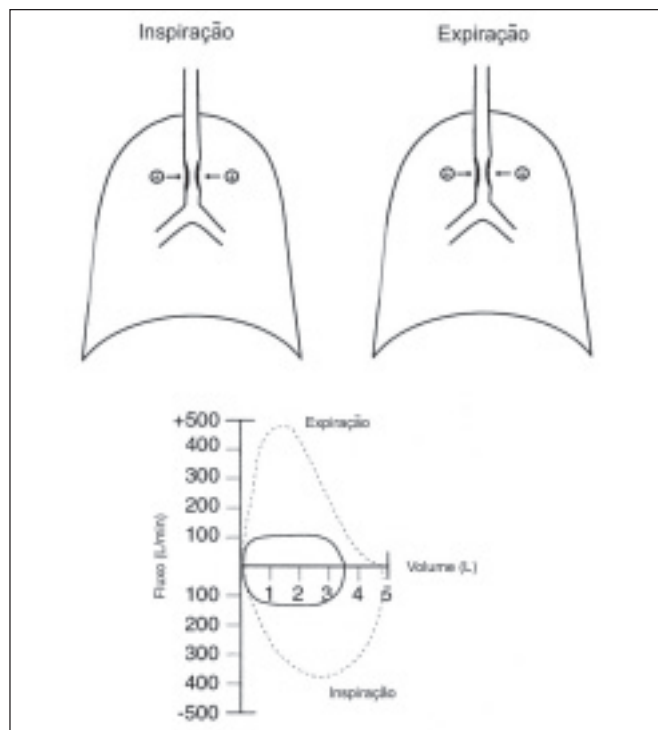


Figura 4 – Obstrução alta fixa

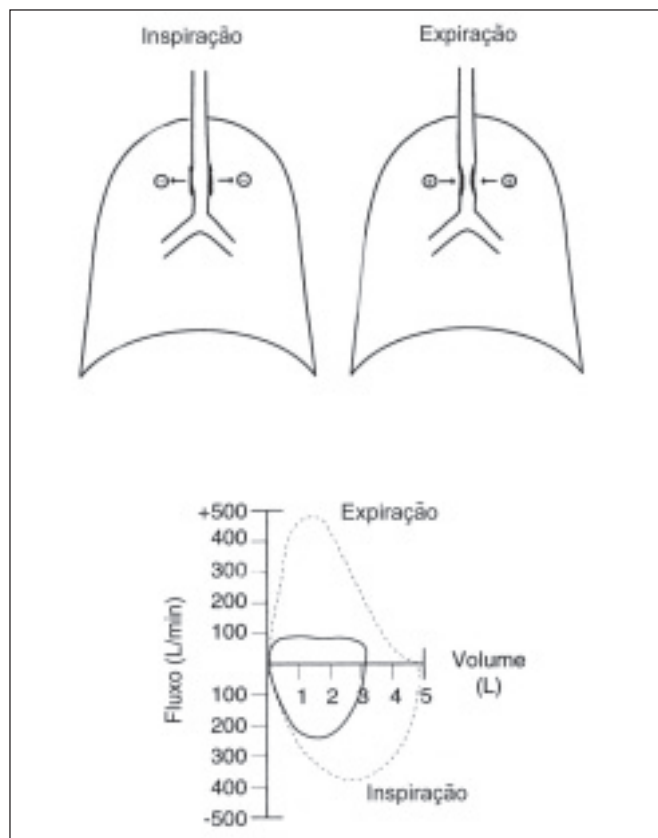


Figura 5 – Obstrução intratorácica

As anormalidades funcionais surgem quando o calibre da via aérea se reduz em geral a menos de 8mm⁽³⁴⁻³⁶⁾, sendo afetados os fluxos dependentes do esforço. O VEF₁ se altera quando o calibre cai abaixo de 5mm.

A comparação entre os fluxos expiratórios e inspiratórios no meio da CVF auxilia a localizar a obstrução. Obstrução fixa tipicamente resulta em redução aproximadamente igual dos fluxos inspiratórios e expiratórios em 50% da CVF. Processos obstrutivos que variam com a fase da respiração também produzem padrões característicos. Na obstrução extratorácica variável, usualmente os fluxos expiratórios são normais, mas há redução dos fluxos inspiratórios. Devido a que o processo obstrutivo se localiza fora do tórax, a curva fluxo-volume expiratória pode parecer normal, sendo a porção inspiratória achatada. Na obstrução intratorácica variável, o PFE é usualmente reduzido e o fluxo expiratório é diminuído até que o local da limitação de fluxo muda para as vias aéreas mais periféricas. Isto dá à alça expiratória uma aparência retangular, sendo a porção inspiratória tipicamente normal. Muito ocasionalmente, uma lesão ao nível da fúrcula esternal irá se comportar como uma lesão extratorácica na CPT, mas à medida que o VR se aproxima comporta-se como intratorácica⁽³⁷⁾. Estes achados são mostrados na Figura 6.

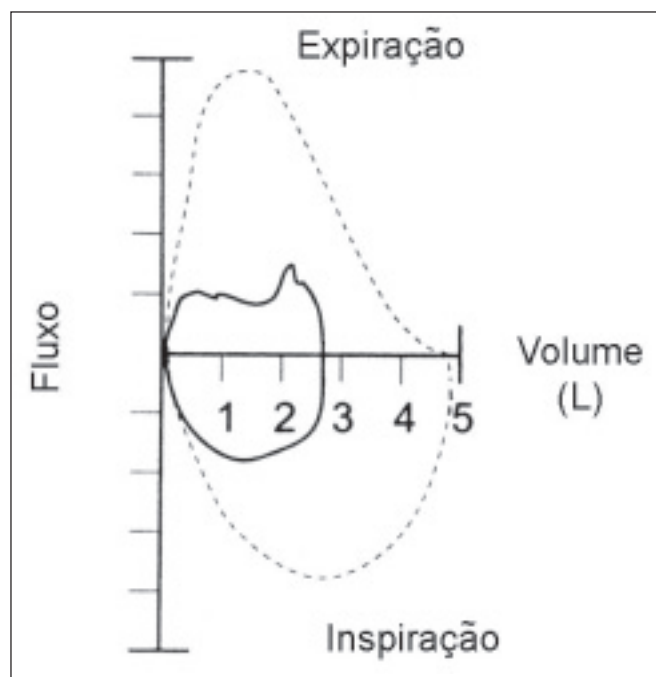


Figura 6

Os achados funcionais da obstrução alta são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1
Achados funcionais em obstrução de vias aéreas altas

Obstrução fixa

- Amputação dos fluxos, com achatamento semelhante das alças expiratória e inspiratória
- $FEF_{50\%}/FIF_{50\%} \sim 1$

Obstrução extratorácica variável

- Amputação/achatamento da alça inspiratória, com preservação da alça expiratória
- $FEF_{50\%}/FIF_{50\%} > 1$
- $FEF_{25-75\%}/FIF_{25-75\%} > 1$
- $FIF_{50\%} < 1,7L/s^*$

Obstrução intratorácica variável

- Amputação/achatamento da alça expiratória, com preservação da alça inspiratória
- $FEF_{50\%}/FIF_{50\%} < 1$
- $VEF_1(ml)/PFE(L/min) \geq 10^*$
- $VEF_1/VEF_{0,5} \geq 1,5$

* Critérios numéricos mais específicos. A forma das curvas é entretanto o dado característico

Na suspeita de obstrução alta instruções cuidadosas devem ser dadas pelo técnico para obtenção de esforços máximos especialmente durante a fase inspiratória. Esta é muito esforço dependente, e má colaboração podem simular obstrução extratorácica variável (Figura 7).

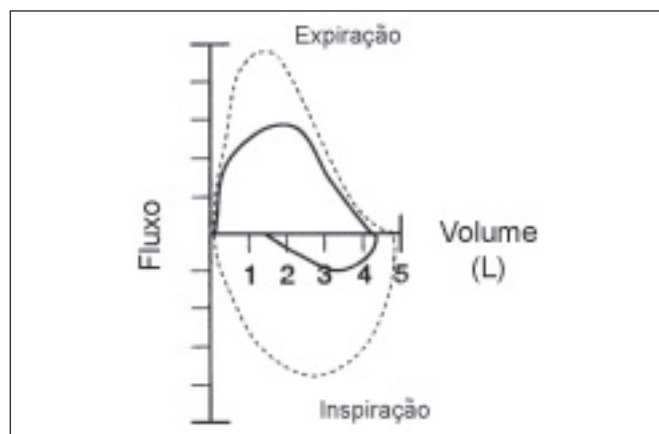


Figura 7

A alça inspiratória máxima deve ser obtida de rotina. Não infreqüentemente obstrução não suspeitada clinicamente é diagnosticada pelos achados funcionais.

Dos distúrbios ventilatórios restritivos a curva fluxo-volume apresenta-se com aspecto íngreme, em forma de “dedo de luva” e irá parecer uma curva normal em miniatura (Figura 2).

Doenças restritivas podem mostrar fluxos normais ou acima do normal em relação ao volume pulmonar, mas como os fluxos instantâneos são medidos em relação ao valor da CVF encontrada e não prevista, eles poderão es-

tar reduzidos se avaliados em valores percentuais do previsto⁽³⁸⁾.

Oscilações de fluxo (Figura 8) podem ser observadas nas curvas de fluxo-volume e não devem excluir os testes, não devendo ser atribuídas erroneamente à tosse⁽³⁹⁾.

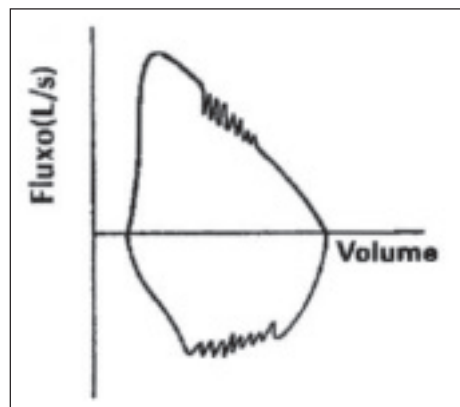


Figura 8

Oscilações de fluxo são definidas como uma seqüência reprodutível de acelerações e desacelerações de fluxo, criando um padrão em “dentes de serra” superposto ao contorno geral da alça de fluxo-volume. As oscilações podem ocorrer em qualquer porção das curvas inspiratória ou expiratória. Pelo menos três oscilações devem estar presentes. As oscilações de fluxo não são específicas para apnéia obstrutiva do sono⁽⁴⁰⁾, sendo esta a causa em 25% dos casos, mas assinalam a presença de uma afecção das vias aéreas superiores, que deve ser investigada⁽⁴¹⁾. Na maioria das vezes as oscilações de fluxo representam rápidas variações na resistência e calibre das vias aéreas.

Doenças neuromusculares – Limitação ao fluxo inspiratório também pode ser vista em pacientes com disfunção de cordas vocais ou faringe. Colapso completo da faringe pode causar entalhes na alça inspiratória (Figura 9).



Figura 9

Nas doenças neuromusculares, a fraqueza dos músculos expiratórios resulta em pico de fluxo retardado, mais para o meio da curva expiratória, e algo arredondado. Ao final da manobra expiratória, a força é insuficiente para deformar a caixa torácica e o fluxo cai abruptamente a zero. Lembrar que falta de colaboração pode simular estes achados, de modo que os achados devem ser repetidos. Em crianças e adultos jovens o fluxo também pode cessar abruptamente ao final da expiração. A alça inspiratória pode mostrar cessação abrupta do fluxo (ver acima) ou simular obstrução alta, pela fraqueza dos músculos inspiratórios (Figura 10)⁽⁴²⁾.

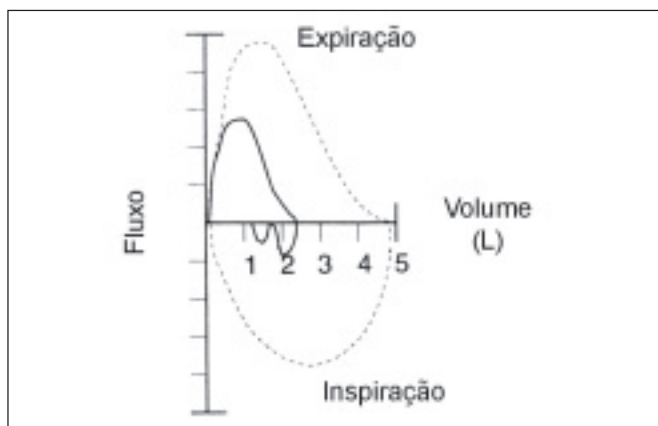


Figura 10

Anormalidades raras

Uma alça fluxo-volume de duas fases, em que um pulmão, ou parte de um pulmão, se esvazia mais lentamente, resulta em uma curva característica (Figura 11). Isto pode ser visto com um brônquio estenosado, ou quando um paciente com enfisema submeteu-se a um transplante pulmonar unilateral⁽⁴³⁾.

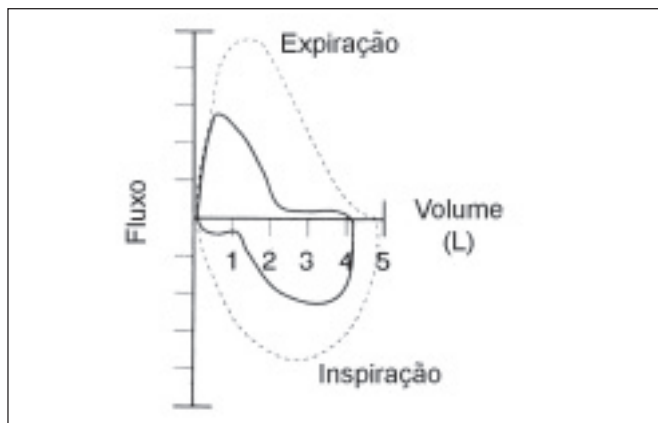


Figura 11

O transplante pulmonar pode aumentar o fluxo expiratório, presumivelmente por denervação pulmonar, com perda do tônus broncoconstritor vagal (Figura 12)⁽⁴⁴⁾. Se surgir bronquiolite obliterante este padrão pode ser "apagado".



Figura 12

Traqueobroncomegalia com malácia exibe uma curva fluxo-volume característica, com a mesma forma expiratória geral observada em asmáticos, mas com entalhes superpostos pelo colapso e posterior abertura das vias aéreas centrais (Figura 13)⁽⁴⁵⁾.

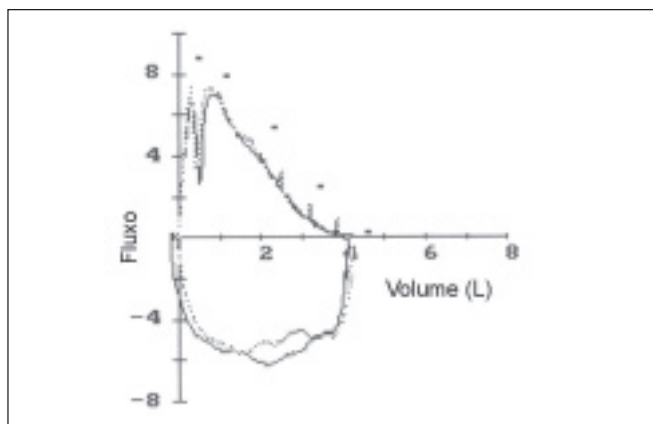


Figura 13

VEF₁/CV(F)% e VEF₁/VEF₆%

Uma criança ou adulto jovem expira mais de 80% da CVF no 1º segundo⁽¹⁸⁾; indivíduos com idade até 45 anos expiram em geral mais de 75% da CVF no 1º segundo; indivíduos mais idosos expiram em geral mais de 70% da CVF no 1º segundo⁽¹⁷⁾. A razão esperada para um determinado indivíduo deve ser derivada de equações específicas.

cas. Em adultos brasileiros valores abaixo de 90% do previsto são anormais⁽¹⁷⁾. Os valores derivados usando-se o VEF_1 e a CVF previstos nem sempre são os mesmos dos valores previstos para a relação, já que as equações são expressas de maneira diferente. A razão VEF_1/CVF tende a diminuir com a idade, por mudanças nas propriedades elásticas do pulmão. CV maior do que CVF pode ser observada mesmo em obstrução leve ao fluxo aéreo, de modo que se a CV é maior do que a CVF, as relações entre VEF_1/CV e FEF_{25-75}/CV devem ser avaliadas para classificação do distúrbio ventilatório.

A CVF é um teste que sempre requer esforço dos pacientes e cooperação; o esforço é difícil para alguns pacientes. A medida da CVF é essencial para diagnosticar obstrução ao fluxo aéreo (VEF_1/CVF reduzida) e para descartar um processo restritivo. A medida da CVF exige que o paciente esvazie os pulmões completamente, um processo que pode demorar até 20s e que pode ser fisicamente exaustivo para idosos ou indivíduos com doença pulmonar grave. A dificuldade com o preenchimento dos critérios de final de curva levou à sugestão para adoção da relação VEF_1/VEF_6 para caracterizar distúrbio obstrutivo⁽⁴⁶⁾. Valores previstos foram sugeridos⁽⁴⁷⁾ e constam de alguns espirômetros portáteis para facilitar o diagnóstico de massa de DPOC. Crianças e adultos jovens esvaziam seus pulmões antes de 6 segundos; nestes casos o VEF_6 e a CVF devem ser considerados equivalentes.

Vantagens teóricas do VEF_6 : 1) É mais fácil para o paciente e o técnico quando as manobras duram apenas 6 segundos; 2) Problemas técnicos com os sensores de fluxo para medir acuradamente os fluxos muito baixos em vários segundos de tempo (resolução e *drift* do zero) são minimizados. 3) O VEF_6 é mais reprodutível do que a CVF em pacientes com obstrução ao fluxo aéreo; 4) O tempo para realização do teste é reduzido; 5) Manobras mais curtas reduzem o risco de síncope. A relação VEF_1/VEF_6 , à semelhança da relação VEF_1/CVF , mostrou valor preditivo para perda de função pulmonar em fumantes⁽⁴⁸⁾.

A desvantagem da relação VEF_1/VEF_6 é sua menor sensibilidade para detecção de obstrução ao fluxo aéreo em comparação à relação VEF_1/CVF e VEF_1/CV . A sensibilidade do VEF_1/VEF_6 para diagnóstico de obstrução foi de 95% e para restrição foi de 93% em um estudo pequeno⁽⁴⁶⁾.

Em laboratórios de referência os parâmetros tradicionais devem ser usados para o diagnóstico de obstrução ao fluxo aéreo. Valores previstos para a relação VEF_1/VEF_6 devem ser desenvolvidos para a população brasileira para aplicação em estudos epidemiológicos.

2. DEFINIÇÃO DOS DISTÚRBIOS VENTILATÓRIOS

Seis padrões de espirometria são encontrados: normal, distúrbio ventilatório restritivo, inespecífico, obstrutivo, obstrutivo com CV(F) reduzida e misto ou combinado.

Distúrbio ventilatório restritivo (DVR)

Doença pulmonar restritiva, à semelhança da obstrução das vias aéreas, ocorre numa larga variedade de doenças pulmonares não relacionadas. Qualquer processo que interfira com a ação de fole dos pulmões ou da parede torácica pode ser considerada uma afecção restritiva. Diferente da obstrução na qual a limitação ao fluxo é o problema primário, a restrição resulta em volumes pulmonares reduzidos. A perda de volume pulmonar pode ocorrer quando o parênquima pulmonar é deslocado (tumores, derrames pleurais) ou removido (ressecção). Talvez a causa mais comum seja a alteração do próprio tecido pulmonar que ocorre em doenças que causam fibrose ou infiltram os tecidos. Asbestose, silicose e numerosas outras doenças fibrosantes são caracterizadas por redução dos volumes pulmonares, o que também ocorre em doenças inflamatórias difusas.

Afecções que afetam a parede torácica ou os músculos respiratórios também comumente resultam em restrição⁽⁴⁹⁾. Exemplos incluem doenças neuromusculares tais como miastenia gravis, ou anormalidades de desenvolvimento tais como cifoescoliose. Restrição também é um achado em condições não pulmonares tais como obesidade ou gravidez, porém muitos obesos, mesmo mórbidos, têm volumes pulmonares na faixa prevista.

Um distúrbio restritivo é caracterizado fisiologicamente por redução na CPT⁽⁵⁰⁾. Quando a CV e a CVF são reduzidas na presença de relação $VEF_1/CVF\%$ e FEF_{25-75}/CVF normais ou elevados distúrbio restritivo é **inferido**. Na falta de informações sobre o diagnóstico, o laudo poderá registrar **possível distúrbio ventilatório restritivo**.

Redução da CPT é o critério que caracteriza a presença de DVR. Entretanto, a CV(F) é mais frequentemente reduzida do que a CPT em doenças difusas⁽⁵⁾, devido ao menor efeito sobre o volume residual⁽⁴⁾ e à grande variação de volume necessária para caracterizar CPT reduzida. Distúrbio ventilatório restritivo poderia ser caracterizado, pela medida dos volumes pulmonares quando a CV(F) está reduzida com VR não elevado, porém alguns autores consideram este achado como inespecífico⁽⁵⁰⁾.

Casos são ocasionalmente encontrados em que o diagnóstico clínico é de doença obstrutiva, mas existem achados que classificam o distúrbio como restritivo ou combinado. Dois estudos^(51,52) demonstraram que em 10-15% dos casos de DVR, o diagnóstico clínico era de doença obstrutiva. As curvas eram aceitáveis.

Considerar as seguintes possibilidades⁽⁵³⁻⁵⁶⁾:

1) Vazamento no espirômetro – resulta em redução desproporcional da CVF em relação ao VEF_1 .

2) Inspiração incompleta, interrupção precoce da expiração por falta de colaboração ou por acúmulo de volume pelo espirômetro por tempo curto (usualmente 6s). Isto irá resultar em CVF subestimada e relações $VEF_1/CVF\%$

e $FEF_{25-75}/CVF\%$ superestimadas. Na ausência de traçado gráfico, a situação torna-se ainda mais complicada. Em equipamentos que plotam apenas a curva fluxo-volume, a avaliação do término da curva é freqüentemente prejudicada.

3) Alçapponamento de ar – Ocasionalmente é tão acentuado em doenças obstrutivas, que a relação $VEF_1/CVF\%$ é normal, por aumento do VR e redução da CVF. Análise da relação $VEF_1/CVF\%$, VEF_1 e $CV(F)$ após B_d , podem evidenciar distúrbio obstrutivo. Outra possibilidade, além do grande aumento do VR, é a presença de bolhas de enfisema, que podem não ser evidentes na radiografia de tórax.

Nas duas situações acima a medida do VR por pletismografia permitirá detectar o ar alçapponado.

4) Fechamento das vias aéreas – Quando completo exclui parte do pulmão, que pode continuar a ser ventilado colateralmente, mas não contribui para a expiração forçada. Em asma este padrão pode ser encontrado ou por tampões de muco⁽⁵⁷⁾ ou por broncoconstrição⁽⁵⁸⁾. Neste caso a inclinação expiratória da curva de fluxo-volume permanece semelhante à prevista, mas há resposta ao B_d . Entretanto, sempre que um teste com DVR mostrar resposta a B_d significativa, o traçado deve ser revisto cuidadosamente buscando-se erros técnicos. Na dúvida dar laudo descritivo, considerando a resposta como indicativa de possível distúrbio obstrutivo⁽⁵⁹⁾.

Na ausência de DPOC associada, obstrução importante de brônquio fonte unilateral usualmente resulta num padrão aparentemente restritivo⁽⁶⁰⁾ por efeito de amputação funcional. Isto também pode ser visto na bronquiólite obliterante com pneumonia em organização.

5) Superposição de doenças – Eventualmente restrição pode “apagar” os achados espirométricos de obstrução, presente anteriormente⁽⁵⁵⁾. O exemplo mais comum é a superposição de insuficiência cardíaca a DPOC. Em outras situações o diagnóstico é supostamente de doença obstrutiva pura (ex. bronquite crônica), mas o doente tem doença mista (bronquiectasias).

Em distúrbios restritivos moderados ou graves a CVF inteira pode ser expirada no primeiro segundo e o VEF_1 é igual a CVF (razão $VEF_1/CVF\% = 100\%$). Em doenças intersticiais existem freqüentemente bronquiectasias de tração, pelo efeito da retração elástica sobre as vias aéreas intrapulmonares. A redução da resistência ao fluxo e o aumento da retração elástica podem elevar os fluxos expiratórios e resultar em razão $VEF_1/CVF\%$ e $FEF_{25-75}/CVF\%$ acima do previsto ou $TEF_{25-75\%}$ grandemente encurtado. Este achado tem valor, indicando pior prognóstico em fibrose pulmonar idiopática⁽⁶¹⁾.

Quando a relação $FEF_{25-75}/CVF\%$ situar-se acima de 150% (95º percentil em adultos e crianças brasileiros), ou $TEF_{25-75\%} < 0,3s$, está caracterizada a presença de restrição com fluxos supranormais^(17,18). O achado de fluxos supranor-

mais com demais dados espirométricos na faixa de referência deve levantar a suspeita de doença intersticial na presença de dispnéia. Por outro lado o envolvimento bronquiolar nas doenças difusas é freqüente. Nesta situação os fluxos, que, num determinado volume pulmonar, deveriam ser elevados pela doença intersticial, não o serão como esperado⁽⁶²⁻⁶⁵⁾. A inspeção da curva fluxo-volume pode demonstrar concavidade na parte terminal da alça expiratória e sugerir obstrução associada.

Distúrbio ventilatório inespecífico (DVI)

Tradicionalmente, os distúrbios ventilatórios têm sido classificados em obstrutivos, restritivos, ou uma combinação de ambos. Distúrbio ventilatório restritivo é caracterizado fisiologicamente por redução na capacidade pulmonar total (CPT).

A capacidade vital pode ser considerada fisiologicamente como a diferença entre a CPT e o VR e portanto poderá ser reduzida por doenças que afetam a CPT (complacência reduzida do pulmão ou da caixa torácica) ou elevam a relação VR/CPT (doenças obstrutivas com aprisionamento de ar, fraqueza dos músculos expiratórios e outras). A redução da $CV(F)$ na ausência de obstrução ao fluxo aéreo (relação VEF_1/CVF preservada) é utilizada para inferir a presença de distúrbio ventilatório restritivo, mas o diagnóstico de um processo restritivo não pode ser feito com confiança, a menos que haja evidência de uma CPT reduzida.

Em um estudo recente demonstrou-se que em 42% dos casos tidos como restritivos pela espirometria, a CPT não estava reduzida⁽⁶⁶⁾. Estes distúrbios devem ser chamados de inespecíficos⁽⁶⁷⁾. Por outro lado, a CPT é raramente reduzida em casos com CV na faixa prevista.

A $CV(F)$ constitui a maior parte da CPT, de modo que reduções acentuadas da $CV(F)$ na ausência de obstrução ao fluxo aéreo devem refletir CPT reduzida⁽⁶⁶⁾, porém o valor de corte não foi previamente definido. Em um estudo a ser publicado (Pereira CAC, D'Aquino LC, Barros JA), observou-se que em 188 espirometrias com CVF reduzida e sem obstrução ao fluxo aéreo, a CPT estava na faixa prevista em 33 (18%) – distúrbio ventilatório inespecífico. A maioria destes pacientes tinha elevação do volume residual e da relação VR/CPT, sugerindo tratar-se de pacientes com aprisionamento de ar por doença obstrutiva. Todos os pacientes com CVF menor ou igual a 50% tinham distúrbio ventilatório restritivo. Dos 76 com doença intersticial, 73 (96%) tinham DVR. Distúrbio ventilatório inespecífico foi comumente associado com diagnóstico clínico de doença obstrutiva e obesidade. A obesidade é um fator confundidor nestes casos, por impedir o aumento da CPT na presença de obstrução, reduzir potencialmente a $CV(F)$ e, por outro lado, se associar com maior freqüência com asma e limitação ao fluxo aéreo

em obesos mórbidos, mesmo não fumantes^(68,69). Em asma o padrão pseudo-restritivo é comum por broncoconstrição⁽⁵⁸⁾, com fechamento completo de vias aéreas e aprisionamento de ar. As unidades que contribuem para a expiração refletem as áreas não obstruídas. O ramo descendente da alça fluxo-volume é paralelo à curva prevista e após broncodilatador pode haver um deslocamento paralelo para a direita, refletindo o recrutamento de unidades antes excluídas da ventilação⁽⁵⁸⁾.

Em conclusão, na presença de aparente distúrbio restritivo, pela espirometria, e na falta de medida da CPT, o laudo de distúrbio ventilatório inespecífico será preferível se todos os abaixo estiverem presentes:

1) ausência de dados indicativos de doença restritiva, (especialmente intersticiais) ou se a suspeita clínica for de asma ou DPOC;

2) CV > 50% do previsto;

3) CV(F) após broncodilatador ainda reduzida (a normalização após B_d exclui distúrbio restritivo);

4) FEF₂₅₋₇₅/CVF não elevado (< 150% do previsto);

5) Difusão normal. Se a difusão for disponível e for reduzida, provavelmente trata-se de doença intersticial. A CPT, medida a partir da manobra única da difusão, poderá auxiliar na interpretação.

Variação do VEF₁ acima de 0,20L após broncodilatador não foi de ajuda, no estudo acima citado, para separar os casos com CPT normal ou reduzida.

Na presença de bronquiectasias, o fechamento completo de vias aéreas por bronquiólite distal resulta não infreqüentemente em distúrbio aparentemente restritivo pela espirometria, pelo aprisionamento de ar decorrente de bronquiólite obliterante comumente associada⁽⁷⁰⁾.

Em pacientes com obstrução unilateral de um brônquio principal, a CVF pode ser marcadamente reduzida por compressão dinâmica e aprisionamento de ar em altos volumes pulmonares, o que resulta em esvaziamento do pulmão contralateral e em aparente restrição⁽⁶⁰⁾.

Distúrbio ventilatório obstrutivo (DVO)

Obstrução das vias aéreas é comum numa larga variedade de afecções pulmonares. Por definição, obstrução é qualquer processo que interfere com o fluxo aéreo para dentro ou para fora dos pulmões. O local da obstrução pode estar ou nas grandes ou nas pequenas vias aéreas.

Obstrução de grandes vias aéreas é o termo usado para descrever o fluxo aéreo reduzido que ocorre por redução de calibre nas vias aéreas superiores (acima das cordas vocais), traquéia e brônquios principais. Estas vias aéreas são caracterizadas por ter suporte cartilaginoso e áreas de secção transversal nas quais o fluxo de gás é turbulento. Fluxo máximo através das grandes vias aéreas é dependente da permeabilidade destas vias aéreas bem como na pressão que pode ser desenvolvida pelos músculos

expiratórios. Se a pressão desenvolvida durante uma manobra expiratória forçada é máxima, a obstrução de grandes vias aéreas resulta em padrões característicos da limitação ao fluxo. Em adição, medida dos padrões de fluxos inspiratórios máximos pode ajudar a delinear o tipo de anormalidade de grande via aérea. Disfunção de corda vocal, lesões traqueais, tais como estenose ou malácia, tumores, ou aspiração de corpo estranho são exemplos de processos que podem se apresentar com obstrução de grandes vias aéreas.

Obstrução de pequenas vias aéreas refere-se à limitação ao fluxo que ocorre nas vias aéreas com menos de 2mm de diâmetro. Estas vias aéreas não têm suporte cartilaginoso em suas paredes. O suporte advém da interconexão com o tecido pulmonar circunjacente e depende da integridade daquele tecido. As paredes das pequenas vias aéreas contêm músculo liso e o tônus deste músculo exerce papel importante em sua permeabilidade. O fluxo através das pequenas vias aéreas é laminar; ele depende do calibre das vias aéreas e da pressão da retração elástica do próprio pulmão. Devido à grande área de secção transversal das pequenas vias aéreas, mudanças patológicas significativas podem ocorrer antes que a limitação ao fluxo cause sintomas. A obstrução de pequenas vias aéreas é característica de asma, enfisema, bronquite crônica, bronquiólite e bronquiectasias em geral. Embora o mecanismo responsável seja diferente nestas doenças, o padrão na espirometria é semelhante. Algumas doenças, como a asma, podem afetar tanto as grandes como as pequenas vias aéreas.

Distúrbio ventilatório obstrutivo pode ser definido como uma redução desproporcional dos fluxos máximos com respeito ao volume máximo (CVF) que pode ser eliminado.

O distúrbio ventilatório obstrutivo pode ser identificado na presença de:

1) VEF₁/CVF e VEF₁ reduzidos. O VEF₁ e a razão VEF₁/CVF% são os índices mais usados e melhor padronizados para caracterizar a presença de distúrbio obstrutivo. Redução do VEF₁ na presença da razão VEF₁/CVF% reduzida, define um distúrbio obstrutivo.

2) Redução da razão VEF₁/CVF% em sintomáticos respiratórios, mesmo com VEF₁% normal. Indivíduos com grandes valores de CVF (mais de 120% do previsto), ou de grande estatura, podem ter razão VEF₁/CVF% reduzida e devem ser considerados como uma variante fisiológica na ausência de sintomas respiratórios e teste com broncodilatador negativo⁽⁷¹⁾. Uma possível maior incidência de HRB neste grupo de indivíduos não foi encontrada⁽⁷²⁾.

3) O diagnóstico de distúrbio obstrutivo deve considerar primariamente a razão VEF₁/CVF% e o VEF₁%. Outras medidas de fluxo expiratório como FEF₂₅₋₇₅% devem ser considerados apenas depois que a presença e a gravida-

de de obstrução forem determinadas usando estas variáveis primárias. Se a razão $VEF_1/CVF\%$ é limítrofe, uma redução do $FEF_{25-75\%}$ ou outros fluxos terminais, corrigidos para a CVF, ou elevação do TFF_{25-75} , indicam obstrução ao fluxo aéreo em indivíduos sintomáticos respiratórios. Este achado deve entretanto ser interpretado com cautela em estudos epidemiológicos.

Um estudo avaliou a acurácia do espirograma em DVO⁽⁷³⁾. Este foi definido por dados clínicos e pletismográficos. Os dados utilizados para caracterizar obstrução foram as relações $VEF_1/CVF\%$ e $FEF_{50}/CVF\%$. A sensibilidade foi de 80% e a especificidade de 97%. O uso de fluxo derivado do meio da curva adicionou sensibilidade à relação $VEF_1/CVF\%$.

Fluxos telexpiratórios não são em geral recomendados na interpretação da espirometria, por várias razões: 1) a variabilidade dos testes é grande em normais. A maior sensibilidade aparente em alguns estudos deve-se à utilização de limites normais inadequados⁽¹⁴⁾; 2) o encontro de testes anormais não se relaciona com a queda do VEF_1 em estudos longitudinais⁽⁷⁴⁾; 3) o uso de múltiplos testes para a interpretação do mesmo distúrbio aumenta a taxa de falso-positivos⁽⁷⁵⁾. Como cada teste tem uma chance de 5% de ser considerado anormal, o uso de múltiplos parâmetros irá resultar em valores falso-positivos frequentes. Devido a isto o número de parâmetros que entram na interpretação deve ser restrito. Sugerimos CVF, VEF_1 , $FEF_{25-75\%}$ e suas relações apenas (ou TFEF). A análise dos fluxos telexpiratórios pode ser justificada se a probabilidade prévia de doença for alta (a especificidade nesta situação é maior).

Quando a obstrução é difusa e incipiente, os fluxos terminais são mais afetados. Quando estes são isoladamente anormais, a obstrução deve ser caracterizada como leve ou como limitação ao fluxo aéreo em baixos volumes pulmonares, na presença de achados clínicos respiratórios e não como a obstrução de pequenas vias aéreas. Estes pacientes devem ser seguidos funcionalmente, para verificação de piora funcional. Sugestão neste sentido deve ser dada no laudo.

Distúrbio ventilatório misto ou combinado (DVC) e obstrutivo com CV(F) reduzida

A espirometria é frequentemente realizada sem a medida de todos os volumes pulmonares. O diagnóstico de DVO na presença de CV normal é simples. A confusão ocorre na presença de distúrbio obstrutivo quando a CV(F) é reduzida antes e após B_d (se qualquer medida, tanto da CV como da CVF, pré ou pós-broncodilatador, for normal, DVR pode ser excluída mesmo sem medida da CPT)⁽⁵⁾. CV(F) reduzida pode se dever apenas ao processo obstrutivo ou à restrição associada. Em tais casos, a medida da CPT

deve ser feita, porque a CPT, ao contrário da CV(F), varia em direções opostas no DVR e DVO (ver Figura 1). Na presença de achados de obstrução, na impossibilidade de medir a CPT, o distúrbio não deve ser chamado de misto ou combinado apenas porque a CV e a CVF estão reduzidas⁽⁷⁶⁾. Este distúrbio pode ser caracterizado como “obstrutivo com CV(F) reduzida”. Uma interpretação alternativa considera que a extensão da queda da CV(F) pode ser de auxílio na caracterização do distúrbio. A CV(F) cai nos distúrbios restritivos proporcionalmente à queda do VEF_1 , mas cai proporcionalmente menos nos distúrbios obstrutivos; nos distúrbios mistos a queda é maior do que a esperada nos distúrbios obstrutivos, mas menor do que nos distúrbios restritivos⁽⁵⁾. Há entretanto certa sobreposição. Na presença de DVO com CVF reduzida, a diferença entre os valores percentuais previstos para a CVF e para o VEF_1 pode ser calculada antes do B_d⁽⁵⁾. Se esta diferença for ≥ 25 (ex. CVF 62%, VEF_1 30%, diferença 32%) o distúrbio poderia ser caracterizado como obstrutivo com CV(F) reduzida por provável hiperinsuflação associada. Nesta situação quando a CPT é medida, DVO foi confirmada em 95% dos casos em um estudo⁽⁵⁾. Se a diferença for menor ou igual a 12 (ex. CVF 40%, VEF_1 30%, diferença 10%) distúrbio misto pode ser **inferido** se os critérios para aceitação, especialmente os de término da curva expiratória, forem preenchidos e se os achados radiológicos demonstrarem doença restritiva significativa.

Se a diferença entre a CVF e o VEF_1 situa-se entre 12 e 25 com VEF_1/CVF e/ou FEF_{25-75}/CVF reduzidos ou as condições acima para caracterização de distúrbio misto não foram preenchidas, o laudo deve ser distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida. Sem a medida da CPT seria então impossível caracterizar melhor o distúrbio.

Se a CPT for medida, distúrbio misto estará caracterizado se a mesma se encontra **abaixo do nível esperado para a obstrução**, e não **abaixo do limite inferior de referência**, já que as doenças obstrutivas elevam a CPT⁽⁵⁾. Uma análise de 668 provas funcionais demonstrou que o 5º percentil para a CPT, em doentes com DPOC, foi de 90%, de modo que CPT abaixo deste valor **sugere** restrição associada na presença de doença restritiva associada evidenciada por radiografia⁽⁷⁷⁾.

DVC podem se dever a doença única ou a combinação de doenças⁽⁷⁸⁾. No primeiro caso, situam-se doenças granulomatosas como a sarcoidose, tuberculose, PCM e granuloma eosinofílico, e outras como bronquiectasias, ICC e linfangioleiomiomatose. Na combinação de doenças destaca-se em nosso meio a associação de tuberculose residual com DPOC. Outras combinações comuns envolvem seqüelas pleurais com asma e/ou DPOC.

O achado de DVC pode levar à reconsideração do diagnóstico clínico ou explicar dispnéia. Em tossidor crônico,

por exemplo, deve-se considerar o diagnóstico de bronquiectasias. Em DPOC, pode indicar o desenvolvimento de congestão pulmonar por ICC associada. Nas doenças intersticiais, o diagnóstico diferencial na presença de obstrução evidente é estreitado. Por estes motivos torna-se importante separar os DVC dos DVO com CVF reduzida em certos casos, através de medidas dos volumes pulmonares.

Se a CV ou CVF após broncodilatador situa-se na faixa normal, restrição ou distúrbio misto estão excluídos.

Algoritmos de interpretação da espirometria são propostos nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6.

Outros algoritmos propostos não reconhecem as limitações da espirometria para classificação num certo número de pacientes e sugerem limites pobremente fundamentados⁽⁷⁹⁾.

TABELA 2 – Interpretação I
Critérios de aceitação e reprodutibilidade preenchidos

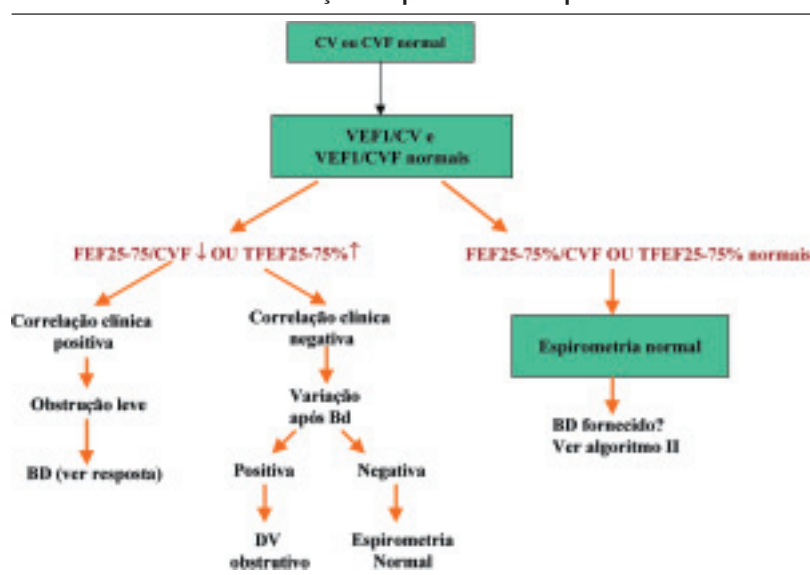


TABELA 3 – Interpretação II
Critérios de aceitação e reprodutibilidade preenchidos

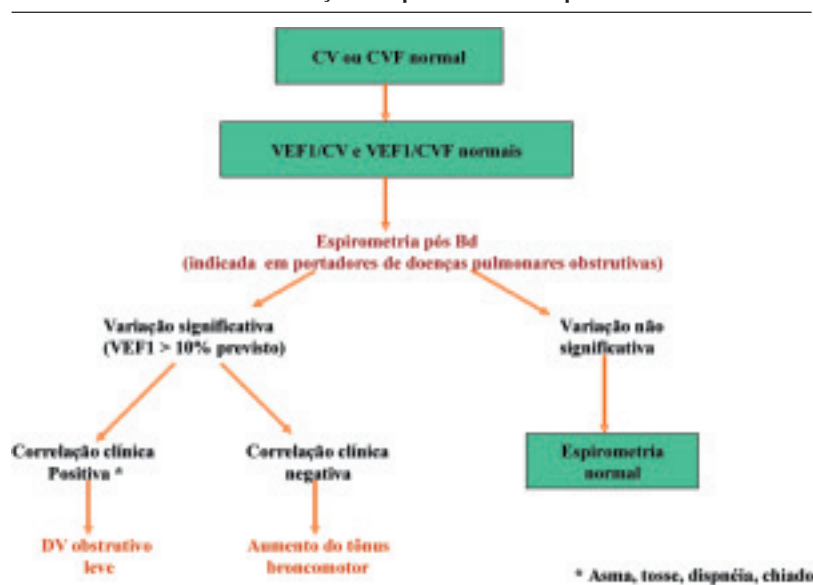


TABELA 4 – Interpretação III
Critérios de aceitação e reprodutibilidade preenchidos

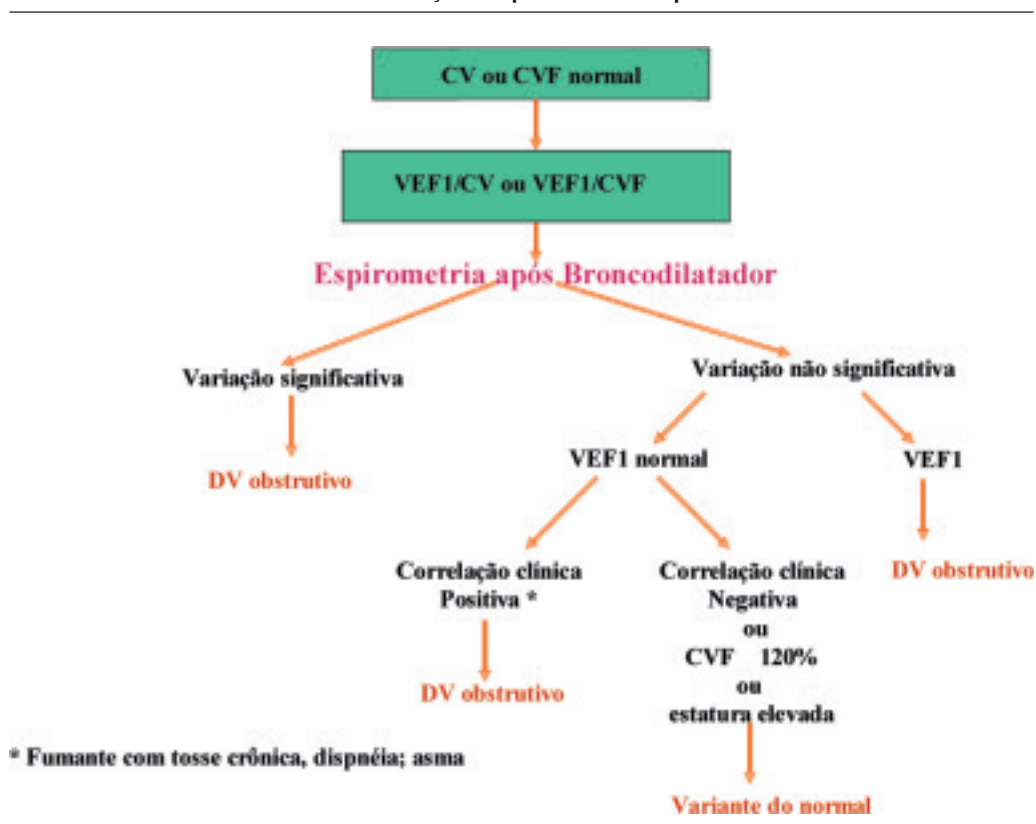


TABELA 5 – Interpretação IV
Critérios de aceitação e reprodutibilidade preenchidos

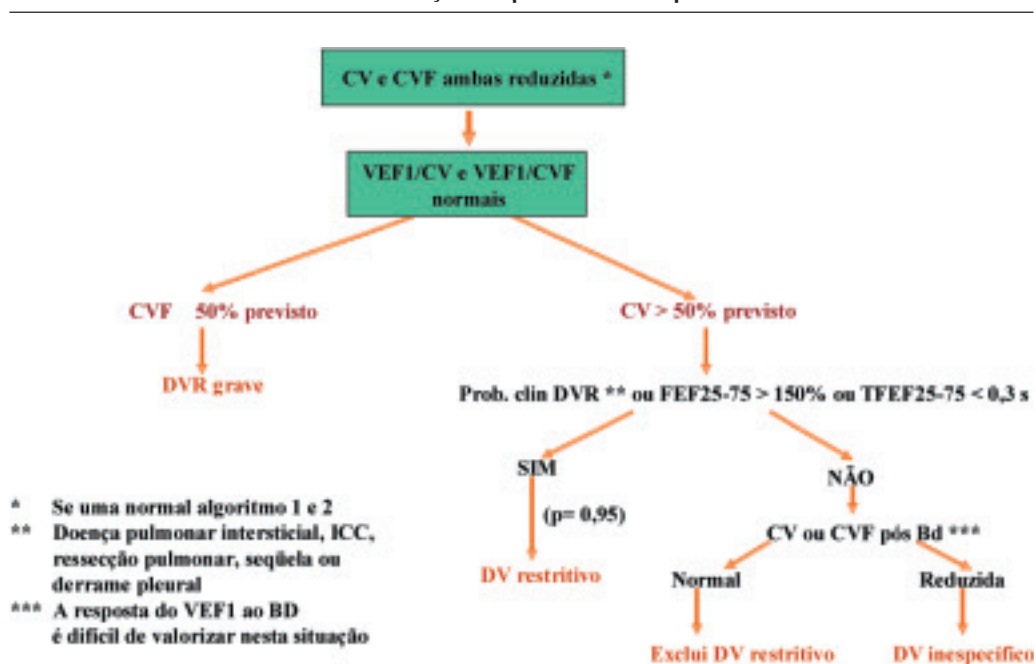
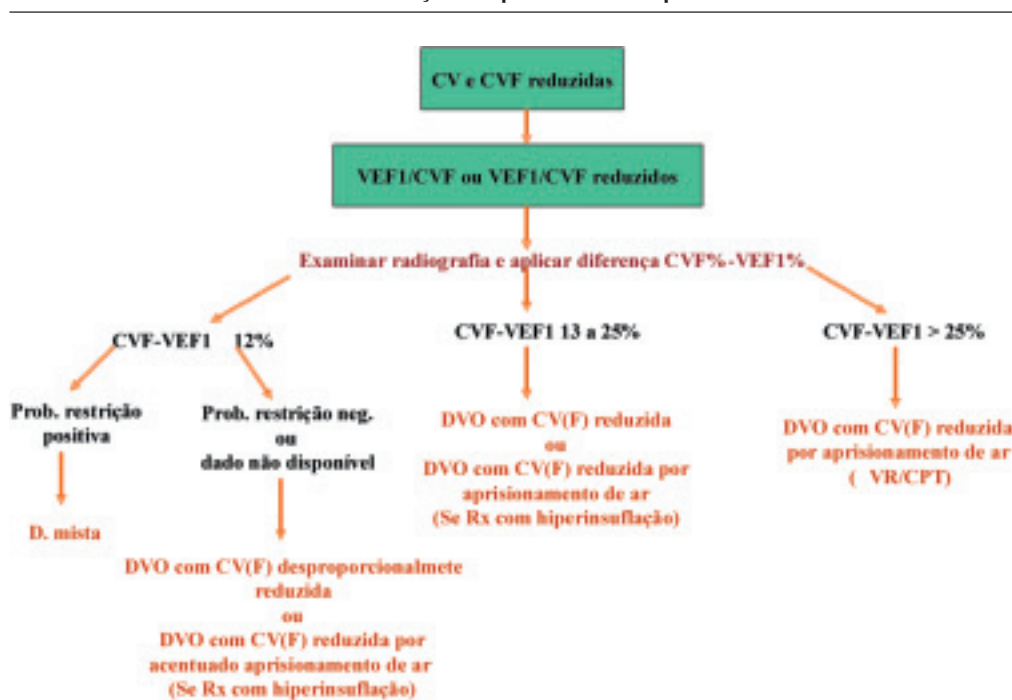


TABELA 6 – Interpretação V
Critérios de aceitação e reprodutibilidade preenchidos



REFERÊNCIAS

1. Bubis MJ, Ligurdson M, McCarthy DS, Anthonisen NR. Differences between slow and fast vital capacities in patients with obstructive disease. *Chest* 1980;77:626-31.
2. Chan ED, Irwin CG. The detection of collapsible airways contributing to airflow limitation. *Chest* 1995;107:856-9.
3. Gelb AF, Tashkin DP, Epstein JD, et al. Physiologic characteristics of malignant unilateral main-stem bronchial obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:1382-5.
4. Ries AL, Clausen JL. Lung volumes. In: Wilson AF, editor. *Pulmonary function testing. Indications and interpretations*. Orlando: Grune & Stratton, 1985;69-85.
5. Pereira CAC, Sato T. Limitação ao fluxo aéreo e capacidade vital reduzida: distúrbio ventilatório obstrutivo ou combinado? *J Pneumol* 1991; 17:59-68.
6. Cavallazzi AC, Beppu OS, Afonso JE, Santos ML, Ratto OR. Estudo de alguns parâmetros da função pulmonar em obesos sem hipoventilação. *J Pneumol* 1981;7:218-22.
7. Mendonça EMC, Pereira CAC. Mecânica pulmonar nas doenças neuromusculares. *J Pneumol* 1984;10:223-32.
8. Allen SM, Hunt B, Green M. Fall in vital capacity with posture. *Br J Dis Chest* 1985;79:267-71.
9. Orens JB, Kazerooni EA, Martinez FJ, et al. The sensitivity of high-resolution CT in detecting idiopathic pulmonary fibrosis proved by open lung biopsy. A prospective study. *Chest* 1995;108:109-15.
10. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144:1202-18.
11. Anthonisen NR, Wright EC, Hodgkin JE and the IPPB trial group. Prognosis in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1986;133:14-20.
12. Skillrud DM, Offord KP, Miller RD. Higher risk of lung cancer in chronic obstructive pulmonary disease: a prospective, matched, controlled study. *Ann Intern Med* 1986;105:503-7.
13. Leuallen EC, Fowler WS. Maximal mid-expiratory flow. *Am Rev Tuberc* 1955;72:783-800.
14. McFadden ER, Linden DA. A reduction in maximum mid-expiratory flow rate. A spirographic manifestation of small airway disease. *Am J Med* 1972;52:725-37.
15. Valença LM, Moraes RC. Manifestações espirográficas da doença das vias aéreas periféricas. *J Pneumol* 1976;2:23-7.
16. Cosio M, Ghezzi H, Hogg JC. The relation between structural changes in small airways and pulmonary function tests. *N Engl J Med* 1977; 298:1277-81.
17. Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *J Pneumol* 1992;18:10-22.
18. Mallozi MC. Valores de referência para espirometria em crianças e adolescentes, calculados a partir de uma amostra da cidade de São Paulo. Tese, Doutorado, Escola Paulista de Medicina, 1995;116p.
19. Dirksen A, Groth S. Calculation of reference values for lung function tests. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1986;22:231-7.
20. Burrows B, Lebowitz MD, Camilli AE, Knudson RJ. Longitudinal changes in forced expiratory volume in one second in adults. Methodologic considerations and findings in healthy non-smokers. *Am Rev Respir Dis* 1986;133:974-80.
21. Brown LK, Miller A, Pilupski M, Lau TS. Forced midexpiratory time: reference values and the effect of cigarette smoking. *Lung* 1995;173: 35-46.
22. Segall JJ, Butterworth BA. The maximal midexpiratory flow time. *Br J Dis Chest* 1968;62:139-46.

23. Wise RA. Spirometry: FEV₁ and FVC – The fundamentals. In: Practical pulmonary function testing. Postgraduate Course 6. ATS, 1996.
24. Thomason MJ, Strachan DP. Which spirometric indices best predict subsequent death from chronic obstructive pulmonary disease? *Thorax* 2000;55:785-8.
25. Jansen da Silva, JM. Classificação da síndrome obstrutiva brônquica – uma proposta estatística. Tese (professor titular), Universidade Federal Fluminense, 46p.
26. Krowka MJ, Enright L, Rodarte J, Hyatt RE. Effect of effort on measurement of forced expiratory volume in one second. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:829-33.
27. Dekker FW, Schruer AC, Stek PJ, Dijkman JH. Validity of peak expiratory flow measurement in assessing reversibility of airway obstruction. *Thorax* 1992;47:162-6.
28. Acres JC, Kryger MH. Clinical significance of pulmonary function tests. Upper airway obstruction. *Chest* 1981;80:207-11.
29. Kryger M, Bode F, Antec R, Anthonisen N. Diagnosis of obstruction of the upper and central airways. *Am J Med* 1976;61:85-93.
30. Miller RD, Hyatt RE. Evaluation of obstructing lesions of the trachea and larynx by flow-volume loops. *Am Rev Respir Dis* 1973;108:475-81.
31. Owens GR, Murphy DMF. Spirometric diagnosis of upper airway obstruction. *Arch Intern Med* 1983;143:1331-4.
32. Rotman HH, Liss HP, Weg JG. Diagnosis of upper airway obstruction. *Chest* 1975;68:796-9.
33. Rizzo A, Rizzo JA. Valor das curvas de fluxo-volume no diagnóstico da obstrução da laringe e da traquéia. *J Pneumol* 1981;7:223-6.
34. Lobato JE, Ruocco HH, Oliveira RB, Batista RM. Obstrução fixa das vias aéreas superiores – estudo simulado. *J Pneumol* 1991;17:103-8.
35. Lobato JE, Rezende AG, Ruocco HH, et al. Curva fluxo-volume na obstrução das vias aéreas superiores – relato de dois casos. *J Pneumol* 1990;16:149-54.
36. Miller RD, Hyatt RE. Obstructing lesions of the larynx and trachea: Clinical and physiologic characteristics. *Mayo Clin Proc* 1969;44:145-61.
37. Harrison BD. Upper airway obstruction – a report on sixteen patients. *Q J Med* 1976;45:625-45.
38. Hyatt RE. Flow-volume loops: pattern recognition and diagnostic utility. In: Postgraduate Course 6 – Practical pulmonary function testing – ATS, 1996.
39. Vincken WG, Cosio MG. Flow oscillations on the flow-volume loop: Clinical and physiological implications. *Eur Respir J* 1989;2:543-9.
40. Walsh RE, Michaelson ED, Harkleroad LE, et al. Upper airway obstruction in obese patients with sleep disturbance and somnolence. *Ann Intern Med* 1972;76:185-92.
41. Neukirch F, Weitzenblum E, Liard R, Korobaeff M, Henry C, Orvoën-Frija E, Kauffmann F. Frequency and correlates of the saw-tooth pattern of flow-volume curves in an epidemiological survey. *Chest* 1992;101:425-31.
42. Putman MT, Wise RA. Myasthenia gravis and upper airway obstruction. *Chest* 1996;109:400-4.
43. Gascoigne AD, Corris PA, Dark JH, Gibson GJ. The biphasic spiogram: a clue to unilateral narrowing of a mainstem bronchus. *Thorax* 1990;45:637-8.
44. Estenne M, Ketelbant P, Primo G, Yernault JC. Human heart-lung transplantation: physiologic aspects of the denervated lung and post-transplant obliterative bronchiolitis. *Am Rev Respir Dis* 1987;135:976-8.
45. Bonnet R, Jorres R, Downey R, Hein H, Magnussen H. Intractable cough associated with the supine body position. Effective therapy with nasal CPAP. *Chest* 1995;108:581-5.
46. Swarney MP, Jensen RL, Crichton DA, et al. FEV₆ is an acceptable surrogate for FVC in the spirometric diagnosis of airway obstruction and restriction. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:917-9.
47. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:179-87.
48. Enright RL, Connett JE, Bailey WC. The FEV₁/FEV₆ predicts lung function decline in adult smokers. *Respir Med* 2002;96:444-9.
49. Bergofsky EH. Respiratory failure in disorders of the thoracic cage. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:643-69.
50. Clausen JL. Clinical interpretation of pulmonary function tests. *Resp Care* 1989;34:638-50.
51. Gilbert R, Auchincloss JH. What is a “restrictive” defect? *Arch Intern Med* 1986;146:1779-81.
52. Weaver JM, Abrams HL, Lapp NL. The spirometric pattern of “reversible restriction”. *Am Rev Respir Dis* 4(pt 2):A601, 1989 (abstract).
53. Lewin BM. Pitfalls of spirometry. *JOM* 1981;23:35-8.
54. Townsend MC. The effects of leaks in spirometers on measurement of pulmonary function. The implications for epidemiologic studies. *JOM* 1984;26:835-41.
55. Crapo RO, Morris AH. Pulmonary function testing: sources of error in measurement and interpretation. *South Med J* 1989;82:875-9.
56. Townsend MC, Duchene AG, Fallat RJ. The effects of underrecorded forced expirations on spirometric lung function indexes. *Am Rev Respir Dis* 1982;126:734-7.
57. Collp C, Williams H. Total occlusion of airways producing a restrictive pattern of ventilatory impairment. *Am Rev Respir Dis* 1973;108:118-22.
58. Olive Jr JT, Hyatt RE. Maximal expiratory flow and total respiratory resistance during induced bronchoconstriction in asthmatic subjects. *Am Rev Respir Dis* 1972;106:366-76.
59. Moreno RB, Oyarzún MG. Recomendaciones sobre informe espirométrico. *Enferm Respir Cir Torác* 1988;4:97-103.
60. Gelb AF, Tashkin DP, Epstein JD, et al. Physiologic characteristics of malignant unilateral main-stem bronchial obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:1382-5.
61. Schwartz DA, Helmers RA, Galvin JR, Van Forsen DS, Frees KL, Dayton CS, Burmeister LF, Hunninghake GW. Determinants of survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:450-4.
62. Tan CSH, Tashkin DP. Supernormal maximal mid-expiratory flow rates in diffuse interstitial lung disease. *Respiration* 1981;42:200-8.
63. Saito M, Sato T, Pereira CAC, Morrone N. Obstrução de pequenas vias aéreas em doenças intersticiais. *J Pneumol* 1982;8(Supl):24-5 (resumo).
64. Plotkowski LM, Jansen JM, Milagres JA, Macedo EP, Kux R. Síndrome mista – diagnóstico da obstrução de pequenas vias aéreas em pacientes restritivos. *J Pneumol* 1985;11:117-26.
65. Tavares JL, Jansen JM, Plotkowski LM, et al. Envolvimento brônquico nas pneumopatias intersticiais difusas. *J Pneumol* 1990;16:137-48.
66. Aaron SD, Dales RE, Cardinal P. How accurate is spirometry at predicting restrictive pulmonary impairment? *Chest* 1999;115:869-73.
67. Hyatt RE, Scanlon PD, Nakamura M. In: _____. Interpretation of pulmonary function tests. A practical guide. Lippincott-Raven, 1997; 27-39.
68. Tantisira KG, Weiss ST. Complex interactions in complex traits: obesity and asthma. *Thorax* 2001;56(Suppl)2:64-73.
69. Rubinstein I, Zamel N, DuBarry L, Hoffstein V. Airflow limitation in morbidly obese, nonsmoking men. *Ann Intern Med* 1990;112:828-32.
70. Roberts HR, Wells AU, Milne DG, Rubens MB, Kolbe J, Cole PJ, Hansell DM. Airflow obstruction in bronchiectasis: correlation between

computed tomography features and pulmonary function tests. *Thorax* 2000;55:198-204.

71. Miller A. Spirometry and maximum expiratory flow-volume curves. In: _____. Pulmonary function tests in clinical an occupational lung disease. Orlando: Grune & Stratton, 1986;15-51.
72. Kivity S, Solomon A, Schwarz Y, Trajber I, Topilsky M. Evaluation of symptomatic subjects with low forced expiratory ratios (VEF₁/VC). *Thorax* 1994;49:554-6.
73. Gilbert R, Auchincloss JH. The interpretation of the spirogram – how accurate is it for “obstruction”? *Arch Intern Med* 1985;145:1635-9.
74. Stanescu DC, Rodenstein DO, Hoeven C, Rober A. “Sensitive tests” are poor predictors of the decline in forced expiratory volume in one second in middle-aged smokers. *Am Rev Respir Dis* 1987;135:585-99.
75. Vedal S, Crapo RO. False positive rates of multiple pulmonary function tests in healthy subjects. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1983;19:263-6.
76. Caldeira-Pires K, Silva Jr CT, Caparelli L, Jansen JM, Plotkowski LM. É comum o diagnóstico errôneo de síndrome respiratória mista? *J Pneumol* 1986;12(Supl):17 (resumo).
77. Dykstra BJ, Scanlon PD, Kester MM, et al. Lung volumes in 4,774 patients with obstructive lung disease. *Chest* 1999;115:68-74.
78. Miller A. Patterns of impairment. In: _____. Pulmonary function tests in clinical an occupational lung disease. Orlando: Grune & Stratton, 1986;249-83.
79. Thomas HM, Garrett RC. Interpretation of spirometry. A graphic and computational approach. *Chest* 1984;86:129-31.

9. CLASSIFICAÇÃO DE GRAVIDADE

A classificação da gravidade dos distúrbios ventilatórios deveria levar em consideração um outro índice independente que seja de importância clínica, como grau de dispnéia, capacidade de exercício e prognóstico.

Na DPOC, a capacidade de exercício, expressa pelo consumo máximo de O₂ (VO₂máx), se correlaciona significativamente com o VEF₁, mas o grau de obstrução “explica” apenas aproximadamente 50% do VO₂máx⁽¹⁾.

Em doenças intersticiais a situação é ainda pior, com a CVF (%) correlacionando-se com o VO₂máx de maneira significativa, porém em grau ainda menor. Pacientes com doença pulmonar difusa têm freqüentemente distúrbios severos da troca gasosa e do desempenho de exercício, com CVF situada em valores entre 50 e 80% do previsto. O laudo de DVR moderado neste caso não reflete a limitação do paciente. O ponto de corte de 50%, para caracterizar DVR grave, é altamente específico, isto é, praticamente todos os pacientes estão incapacitados, mas é pouco sensível⁽²⁾. Em alguns pacientes observa-se redução da CVF com troca gasosa não afetada. Nesta situação, o acompanhamento da doença pela CVF tem maior valor.

De modo semelhante, a correlação da dispnéia, quando quantificada, com a CVF ou VEF₁, em doenças restritivas e obstrutivas, não excede 30%⁽³⁾.

Uma outra maneira de tentar classificar a gravidade dos distúrbios seria levar em conta o prognóstico. Função

ventilatória menor, indicativa de obstrução ou não, se associa a menor sobrevida na população geral⁽⁴⁾. Isto decorre de maior mortalidade por causas respiratórias e não respiratórias. Em DPOC, a sobrevida torna-se menor com redução progressiva do VEF₁, sendo especialmente afetada, quando os valores do VEF₁ pós-Bd situam-se abaixo de 40% a 50% do previsto^(5,6). Num estudo clássico^(6,7), pacientes com DPOC e VEF₁ pós-Bd abaixo de 42% tiveram sobrevida média de 5 anos e de 25% se o VEF₁ situava-se abaixo de 30%. Em pacientes com graus mais leves de obstrução a mortalidade foi apenas discretamente aumentada em relação aos controles. Para manter coerência com a alta especificidade sugerida para as doenças difusas, um ponto de corte de 40% para o VEF₁ pré-Bd deve ser utilizado para caracterizar DVO grave, em pacientes com DPOC. Este ponto de corte, além de indicar pior prognóstico, demonstra limitação evidente para atividades da vida diária e caracteriza isoladamente incapacidade⁽⁸⁾. Em fibrose pulmonar idiopática, a redução da CVF tem correlação com a sobrevida⁽⁹⁾. Em casos individuais, entretanto, a aplicação destes dados, tanto para DPOC como para doença intersticial, é limitada⁽⁷⁾.

A combinação de achados extremos, ex. dispnéia acentuada com VEF₁ levemente reduzido em DPOC, deve dirigir a procura de mecanismo adicional para a falta de ar por outros meios, como medida da difusão para avaliar enfisema extenso com limitação ao fluxo aéreo pouco anormal ou teste de exercício para detecção de limitação cardíaca associada.

Na prática clínica, os valores previstos são usados para graduar a gravidade, porém a classificação de qualquer anormalidade deve levar em conta a doença subjacente. Uma obstrução leve com redução do VEF₁ num portador de obstrução traqueal significa que a luz foi reduzida a menos de 5-6mm e indica a necessidade de medidas urgentes. Em contraste, a maioria dos asmáticos com obstrução leve estarão assintomáticos. Num paciente com fibrose pulmonar idiopática, CVF próxima a 50% indica doença em fase final; já num caso de sarcoidose, a implicação prognóstica é muito menos sombria.

A diminuição da CV tem alguma relação com a perda ou com a extensão da doença em muitas doenças não obstrutivas.

A fraqueza de músculos respiratórios produz um padrão restritivo na espirometria, a CV sendo relativamente sensível como indicador da fraqueza de músculos respiratórios⁽¹⁰⁾. Em geral, quando a CV cai, a força muscular está reduzida a mais da metade do normal. O clínico deve estar alerta para o desenvolvimento da falência ventilatória se a CV for menor que 20ml/kg. Uma redução de mais de 25% na CV com mudança de posição sentada para deitada é um sinal de fraqueza diafragmática.

A relação $VEF_1/CVF\%$ tem sido usada⁽¹¹⁾ ou não⁽¹²⁾ na classificação da gravidade dos distúrbios ventilatórios, mas se for incluída não deve ser usada isoladamente, porque a CV(F) pode achar-se reduzida.

Algumas considerações devem ser feitas:

– Possibilidade de relação $VEF_1/CVF\%$ reduzida em indivíduos com pulmões grandes por compressão dinâmica elevada. Em normais este achado é incomum e, em sintomáticos respiratórios, esta redução deve ser valorizada como indicativo de obstrução. A vantagem da redução da relação $VEF_1/CVF\%$ reside exatamente em considerar dois dados obtidos do próprio indivíduo, sendo menos dependente de valores previstos.

– Nas doenças obstrutivas dois padrões podem ocorrer: 1) elevação do VR com aumento menor proporcionalmente da CPT. A CVF por consequência é mais reduzida e a relação $VEF_1/CVF\%$ é menos alterada do que o $VEF_1\%$. A gravidade da doença é mais bem classificada pelo VEF_1 percentual; 2) elevação do VR com aumento proporcional da CPT, com CV preservada. Nestes doentes a dispnéia é mais acentuada pelo maior grau de hiperinsuflação e, portanto, a relação $VEF_1/CVF\%$ seria uma melhor expressão da gravidade da doença.

– A maior crítica à relação $VEF_1/CVF\%$ para gradação seria que freqüentemente o doente não alcança o tempo expiratório adequado e portanto a relação $VEF_1/CVF\%$ é superestimada⁽¹²⁾. Toda interpretação funcional parte da premissa de que dados adequados foram obtidos.

A relação $VEF_1/CVF\%$ pode ser utilizada, conjuntamente com o VEF_1 percentual, para graduar os DVO, considerando-se em caso de discordância, a classificação pelo mais anormal. Uma classificação em 4 categorias é mostrada na Tabela 1.

TABELA 1
Quantificação dos distúrbios ventilatórios pela espirometria*

Distúrbio	VEF_1 (%)	CV(F) (%)	VEF_1/CVF (%)
Leve	60-LI	60-LI	60-LI
Moderado	41-59	51-59	41-59
Grave	≤ 40	≤ 50	≤ 40

* Na presença de $FEF_{25-75}/CV(F)$ isoladamente reduzida o distúrbio será classificado como leve, na presença de sintomas e/ou tabagismo

REFERÊNCIAS

1. Jones NL, Jones G, Edwards RHT. Exercise tolerance in chronic airway obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1971;103:477-91.
2. Epler GR, Saber FA, Gaensler EA. Determinations of severe impairment (disability) in interstitial lung disease. *Am Rev Respir Dis* 1980; 121:647-61.
3. Leblanc P, Bowie DM, Summers E, et al. Breathlessness and exercise in patients with respiratory disease. *Am Rev Respir Dis* 1986;133:21-5.

4. Vollmer WM. Respiratory symptoms, lung function, and mortality in a screening center cohort. *Am J Epidemiol* 1989;129:1157-69.
5. Anthonisen NR, Wright EC, Hodgkin JE and the IPPB trial group. Prognosis in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1986;133:14-20.
6. Traver GA, Cline MG, Burrows SB. Predictors of mortality in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:895-902.
7. Burrows B. Course and prognosis in COPD. In: Hodgkin JE, Petty TL, editors. Chronic obstructive pulmonary disease. Current concepts. Philadelphia: WB Saunders, 1987;268-78.
8. Renzetti AD, Bleecker ER, Epler GR, Jones RN, Kanner RE, Repster LH. Evaluation of impairment/disability secondary to respiratory disorders. *Am Rev Respir Dis* 1986;133:1205-9.
9. Schwartz DA, Helmers RA, Galvin JR, Van Forsen DS, Frees KL, Dayton CS, Burnmeister LF, Hunninghake GW. Determinants of survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149:450-4.
10. Mendonça EMC, Pereira CAC. Mecânica pulmonar nas doenças neuromusculares. *J Pneumol* 1984;10:223-32.
11. Morris AH, Kanner RE, Crapo RO, Gardner RM. Clinical pulmonary function testing: a manual of uniform laboratory procedures. 2nd ed. Salt Lake City, UT: Intermountain Thoracic Society, 1984.
12. American Thoracic Society. Lung function testing: Selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144:1202-18.

10. PROVA APÓS BRONCODILATADOR (Bd)

Resposta a Bd e HRB não são sinônimos⁽¹⁾, de modo que determinadas respostas a broncodilatador não devem caracterizar a presença ou ausência de HRB.

As respostas a broncodilatador, como usualmente citadas, referem-se a mudanças que excedem a variabilidade ao acaso, de modo que suas implicações clínicas são muitas vezes incertas (ver abaixo). Devido a isto o grupo de consenso sugere no laudo comentários sobre a variação (significativa ou não) após broncodilatador, ao invés de “resposta a broncodilatador”.

Espirometrias pré e pós-Bd devem preencher todos os critérios regulares para aceitação e reprodutibilidade. Medidas pós-Bd serão difíceis (ou impossíveis) de interpretar se a espirometria pré-Bd não é reprodutível. Neste caso o teste pós-broncodilatador não deve ser realizado.

A resposta a Bd é usualmente avaliada por variações do VEF_1 e da CVF.

Os fluxos derivados da curva de fluxo-volume e o $FEF_{25-75\%}$ não devem ser considerados⁽²⁾. Nos estudos antigos se valorizavam inadequadamente variações de $FEF_{25-75\%}$ de 20% ou mais⁽³⁾, daí sua maior sensibilidade aparente. Os fluxos, entretanto, variam não apenas com o calibre das vias aéreas, mas também com o volume pulmonar em que são mensurados. Se os volumes pulmonares mudam após o Bd (o que é freqüente), os fluxos deveriam ser comparados no mesmo volume pulmonar, para retirar a influência do volume. Os fluxos expiratórios do meio da expiração, quando corrigidos para o efeito de mudança

de volume pulmonar⁽⁴⁾, devem se elevar 45-50%, para exceder a variação ao acaso, e então respostas isoladas são raras ou inexistentes^(4,5). O VEF₁ detecta resposta no início da curva e a CVF de toda a curva expiratória, incluindo seu final, de modo que a medida do FEF_{25-75%} não adiciona informações.

Para realização do teste, Bds devem ser suspensos previamente se o objetivo é avaliar a magnitude da reversibilidade. Habitualmente 4 jatos de 100mcg de fenoterol ou salbutamol, preferivelmente por câmara de expansão, são fornecidos após instruções e a resposta é medida depois de 15 a 20 minutos de espera. Esta dose resulta em melhora máxima ou próxima desta⁽⁶⁾. A dose deve ser anotada no relatório (Figura 1).



Figura 1 – Uso da bombinha

As maneiras mais usuais⁽⁷⁾ de expressar a variação a Bd são: percentagem de incremento em relação ao valor espirométrico inicial, mudança absoluta e percentagem de incremento em relação ao valor previsto (Figura 2).

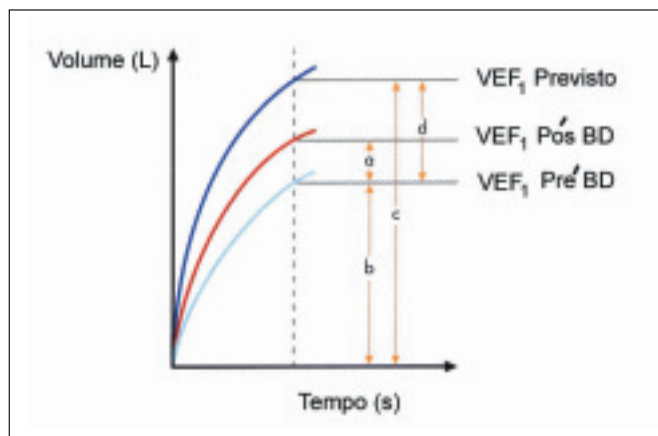


Figura 2 – Variação após broncodilatador

A variação a Bd, expressa como percentagem do valor basal ($VEF_1 \text{ pós-Bd } VEF_1 \text{ pré-Bd} / VEF_1 \text{ pré} \times 100$), irá mostrar maiores aumentos naqueles com VEF₁ menor^(8,9). Se o VEF₁ sobe de 500 para 600ml após Bd, a variação percentual em relação ao basal foi de 100/500 ou 20%, e a absoluta de 100ml. Embora possa se alegar que o ganho funcional para este grau de obstrução seja importante, ele está dentro da variabilidade do VEF₁ repetido em curto prazo e, portanto, poderia não ter havido efeito algum da droga. Já se o VEF₁ se eleva de 2.500 para 2.600ml, a variação em relação ao basal foi de 4%, a absoluta sendo igualmente de 100ml.

A segunda maneira de expressar a variação é feita pela diferença absoluta entre o VEF₁ pós-Bd e pré-Bd. A vantagem da expressão por um valor absoluto é que a correlação com o VEF₁ inicial é menor⁽⁸⁾ e a sensibilidade e especificidade para separar asma de DPOC são maiores^(9,10). A desvantagem é que com valores basais elevados, como em indivíduos normais, a variação absoluta excede freqüentemente os valores de incremento encontrados em portadores de doenças obstrutivas que recebem placebo. Quando o placebo é fornecido o VEF₁ em geral aumenta menos de 200ml em portadores de DVO^(11,12), enquanto que aumentos acima de 200ml são freqüentemente encontrados em indivíduos normais⁽²⁾.

A Sociedade Torácica Britânica considera, com base nestes estudos, resposta a Bd o incremento do VEF₁ acima de 0,2L como critério isolado⁽¹³⁾ em pacientes com obstrução ao fluxo aéreo.

A variação a Bd pode ser ainda expressa pela variação absoluta do VEF₁ em relação ao valor previsto ($VEF_1 \text{ pós-Bd} - VEF_1 \text{ pré-Bd} \times 100 / VEF_1 \text{ previsto}$). Este índice tem as seguintes vantagens: 1) não se correlaciona com o VEF₁ basal e portanto expressa a magnitude da resposta independente do grau de obstrução; 2) corrige a resposta para o tamanho do indivíduo, idade e sexo. Demonstrou-se, por exemplo que a resposta do VEF₁ difere em homens e mulheres, mas este índice corrigido para o valor previsto resulta na expressão da resposta por um número único^(1,14); 3) é a expressão de resposta mais reprodutível em estudos longitudinais⁽⁹⁾. Por estes motivos, a comparação de drogas broncodilatadoras é mais bem realizada por este índice, o que irá corrigir eventuais diferenças na obstrução inicial ao fluxo aéreo.

Este índice tem aceitação crescente e foi considerado pela Sociedade Respiratória Européia em seu Consenso⁽¹⁵⁾.

As variações a broncodilatador serão consideradas significantes se excederem a variação após broncodilatador dado para indivíduos normais ou a variação após placebo fornecido para indivíduos com distúrbios obstrutivos. Três estudos importantes^(3,16,17) foram publicados sobre varia-

ção após Bd em normais, sendo os limites de resposta para o VEF_1 encontrados de 8, 9 e 10%. A resposta absoluta variou com o tamanho do indivíduo. A partir destes dados, variação significativa a Bd, na ausência de obstrução ao fluxo aéreo, pode ser caracterizada se o VEF_1 se eleva 10% ou mais em relação ao valor previsto⁽¹⁶⁾. Um valor isolado para o incremento absoluto não pode ser estabelecido, variando de acordo com o tamanho do indivíduo. **Nestes casos o laudo deve assinalar: espirometria normal; a variação observada após Bd sugere aumento do tônus broncomotor** (especialmente na ausência de diagnóstico prévio de doença obstrutiva).

Dados em mais de 700 pacientes com obstrução ao fluxo aéreo⁽¹⁸⁾ mostraram que a correlação entre incremento absoluto do VEF_1 após Bd e variação percentual em relação aos previstos brasileiros, em adultos, é muito elevada ($r = 0,96$). O valor de 0,2L se correlaciona com a elevação do VEF_1 de 7,5% do previsto, de modo que valores acima de 7% do VEF_1 em relação ao previsto, em indivíduos com obstrução ao fluxo aéreo, podem ser utilizados para caracterizar variação significativa após broncodilatador. Este valor será de auxílio na interpretação em indivíduos idosos e de baixa estatura, com menores valores previstos do VEF_1 , em que a resposta significativa fica aquém dos 0,20L geralmente propostos. Nos dois estudos clássicos que estabeleceram os limites estatísticos de variação para o VEF_1 ^(11,12), na verdade os valores para o 95º percentil de resposta foram 0,16 e 0,18L, sendo arredondados para 0,20L por facilidade.

A variação a Bd em crianças é semelhante àquela encontrada em adultos⁽¹⁹⁾ e as mesmas considerações acima se aplicam⁽²⁰⁾.

Os limites para resposta a Bd são mostrados na Tabela 1.

Variação estatisticamente significativa a Bd não é sinônimo de asma. Pacientes com DPOC, se testados repeti-

damente, irão responder na maioria dos casos a beta-adrenérgico e/ou anticolinérgico⁽²¹⁾. Por outro lado, alguns pacientes com asma, especialmente nos extremos de obstrução, não responderão agudamente a Bd. Alguns estudos tentaram separar asma de DPOC pela resposta a broncodilatador. Quando expressos os resultados em relação ao valor inicial, não há combinação de sensibilidade e especificidade satisfatórias^(10,22). Numa análise de 208 asmáticos e 466 portadores de DPOC com VEF_1 inicial semelhante, o incremento de 10% do VEF_1 em relação ao valor previsto separou asma de DPOC com sensibilidade de quase 50% e especificidade de 90%⁽¹⁸⁾. As expressões das respostas por valor absoluto ou em relação ao valor inicial tiveram pior capacidade discriminatória. Estes dados concordam com um estudo menor publicado por Meslier *et al.*⁽¹⁰⁾ e com outro estudo recentemente publicado⁽²³⁾.

A variação estatística após Bd, se significativa quando a espirometria é normal ($\geq 10\%$ do previsto), sugere aumento do tônus broncomotor. Isto poderia ter aplicação na suspeita clínica de asma, porém se a relação $VEF_1/CVF\%$ é normal, teste de broncoprovocação deve ser preferido com esta finalidade. A não resposta a Bd é freqüente nesta circunstância⁽²⁴⁾ e o doente teria que retornar em outra ocasião para realizar o teste de broncoprovocação.

Variações após Bd clinicamente significantes são mais difíceis de estabelecer. Variação após administração de Bd presumivelmente significa melhora funcional e clínica a longo prazo. Contudo, estudos recentes indicaram que a resposta aguda a Bd tem valor limitado para prever a resposta a longo prazo a agonista beta-adrenérgico ou teofilina^(25,26). Mesmo quando droga idêntica à usada no teste agudo de reversibilidade é prescrita a longo prazo, as respostas podem ser diferentes⁽²⁷⁾.

A ausência de variação no laboratório de função pulmonar não exclui resposta a longo prazo. O laudo por-

TABELA 1
Critérios de resposta a broncodilatador para CVF e VEF_1 baseados nos dados obtidos em normais e portadores de distúrbios obstrutivos

	Distúrbio obstrutivo				
	Ausente	Presente			
		VEF_1	CVF	CV	CI
Variação absoluta (L, pós-pré Bd)	*	$\geq 0,20$ e	$\geq 0,35$	$\geq 0,40$	$\geq 0,30$
Variação percentual em relação ao previsto (pós-pré Bd/previsto)	$\geq 10\%$	$> 7\%$	–	–	–

* A resposta absoluta na ausência de obstrução varia com o tamanho do indivíduo.
O critério percentual neste caso deve ser usado isoladamente.

tanto de “distúrbio ventilatório obstrutivo que não responde a Bd” tem implicação terapêutica escassa.

O VEF_1 é o parâmetro funcional mais importante na avaliação da resposta a Bd. Entretanto, alguns pacientes, especialmente com obstrução grave, podem mostrar resposta isolada de volume, com elevação significativa apenas da CV(F)⁽²⁸⁻³⁰⁾. Esta resposta deve ser valorizada porque se correlaciona com a redução do alçapamento de ar e melhora da dispnéia. Elevação de 0,35L caracteriza resposta a broncodilatador pela CVF porque este valor excedeu o 95º percentil de variação ao acaso, em dois estudos clássicos^(12,13). Estranhamente a ATS sugeriu 0,20L como variação significativa em seu Consenso⁽²⁾, embora cite estas mesmas fontes.

Atenção deve ser dada ao tempo expiratório antes e depois de Bd, uma vez que muitos pacientes conseguem prolongar a expiração após a droga, com elevação da CVF⁽²⁹⁾. Esta resposta pode ser valorizada se: 1) o tempo expiratório após Bd não excede 10% daquele pré-Bd ou 2) a elevação da CVF se mantém significativa quando medida em condição isotemporal, isto é, a CVF após Bd é medida no mesmo tempo da CVF pré-Bd⁽⁵⁾; 3) o VEF_6 se eleva de maneira significativa ($> 0,25L$).

Crítérios de reversibilidade ao broncodilatador tradicionalmente se baseiam em mudanças do VEF_1 . Assim, variações espirométricas mínimas aceitáveis pela ATS⁽²⁾ (aumento do VEF_1 por 12%, e pelo menos 0,2L), ou pela Sociedade Respiratória Européia⁽¹⁵⁾ (aumento de 10% em relação ao previsto) mais provavelmente indica uma obstrução reversível das vias aéreas do que variações ao acaso da medida.

O VEF_1 é uma medida simples, confiável e de utilidade diagnóstica inquestionável e permite uma avaliação acurada da progressão da doença. Contudo, o VEF_1 se correlaciona fracamente com a capacidade de exercício e com a dispnéia e a mudança no VEF_1 após broncodilatador é pobremente preditiva de melhora dos sintomas e do desempenho do exercício em DPOC⁽³¹⁾.

O padrão de resposta espirométrica aos broncodiladores varia grandemente entre pacientes com DPOC. Alguns pacientes exibem aumento tanto do VEF_1 como da CVF, outros mostram variações em apenas um destes parâmetros e uma minoria não mostra mudança alguma. Em muitos pacientes, as variações no VEF_1 após Bd simplesmente refletem recrutamento de volume pulmonar, isto é, a relação VEF_1/CVF não muda. Nos últimos anos alguns estudos demonstraram que os aumentos da CV e da CI refletem redução do VR em DPOC, o que se correlaciona com melhora da dispnéia e do desempenho no exercício^(32,33). Elevações de 0,3L na CI e 0,4L na CV (ou 15% em relação ao valor inicial ou 10% em relação ao previsto) se correlacionam com melhor desempenho em exercício^(32,34).

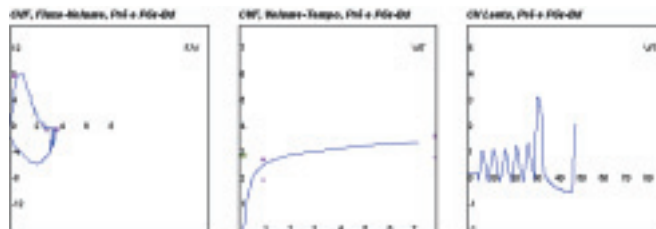
A mudança da CV é melhor preditiva do que a mudança da CVF a este respeito, provavelmente por sua melhor reprodutibilidade⁽³⁵⁾.

Os volumes pulmonares medidos por pletismografia revelam mudanças significativas freqüentes na ausência de variações no VEF_1 ^(36,37). Estes achados explicam a freqüente dissociação entre melhora clínica da dispnéia na ausência de melhora do VEF_1 em pacientes com DPOC, de modo que as medidas da CV e da CI antes e após Bd devem ser incorporadas na rotina dos laboratórios de função pulmonar.

Algoritmos para interpretação da espirometria após Bd são mostrados nas Tabelas 2 e 3.

Caso 1: 72 anos, não fumante, masculino.

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré
CVF (L)	3,75	2,89	3,52	94
VEF_1 (L)	2,83	2,04	2,74	97
VEF_1/CVF	0,77	0,69	0,78	101
$FEF_{25-75\%}$ (L/s)	2,61	1,56	2,48	95
$FEF_{25-75\%}/CVF$	0,69	0,41	0,70	102
PFE (L/s)	8,25	8,10	8,74	106
CV (L)	3,75	2,89	3,69	98
CI (L)	—	—	3,26	—



Laudo (Caso 1): Espirometria normal.

Caso 2. FIBROSE PULMONAR IDIOPÁTICA

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré
CVF (L)	4,76	3,90	2,96	62
VEF_1 (L)	3,89	3,10	2,47	64
VEF_1/CVF	0,81	0,73	0,83	103
$FEF_{25-75\%}$ (L/s)	3,87	2,32	2,95	76
$FEF_{25-75\%}/CVF$	0,84	0,51	1,00	118
PFE (L/s)	8,84	8,69	7,57	86
CV (L)	4,76	3,90	3,01	63
CI (L)	—	—	2,43	—

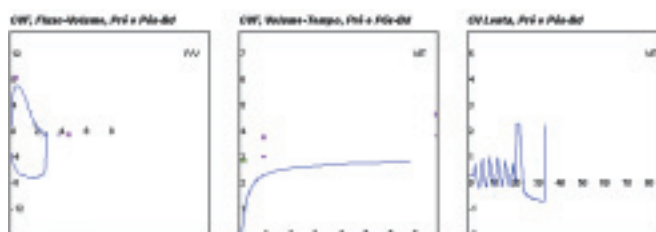


TABELA 2
Interpretação da espirometria após broncodilatador (I)*
Critérios de aceitação e reprodutibilidade preenchidos antes e após Bd

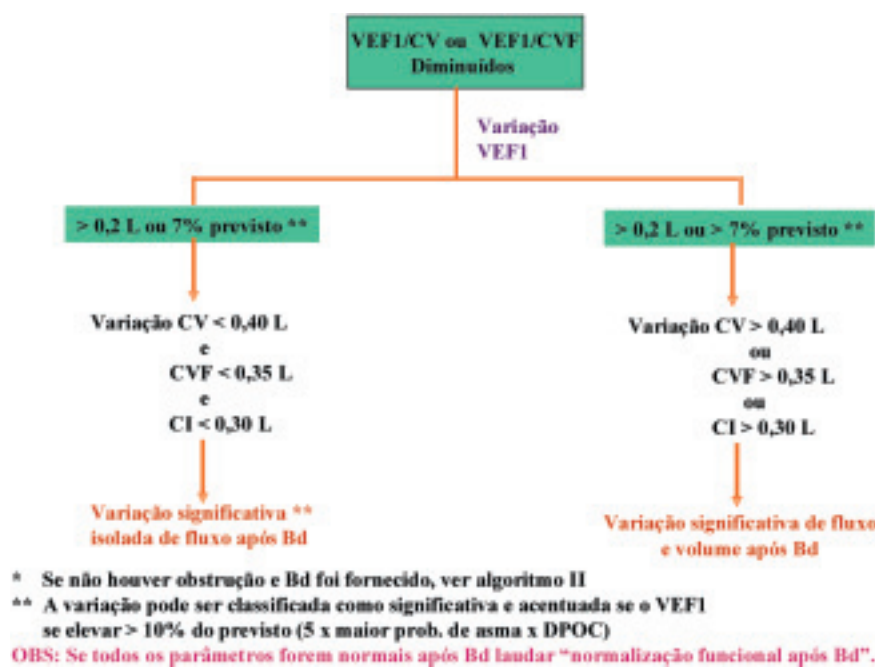
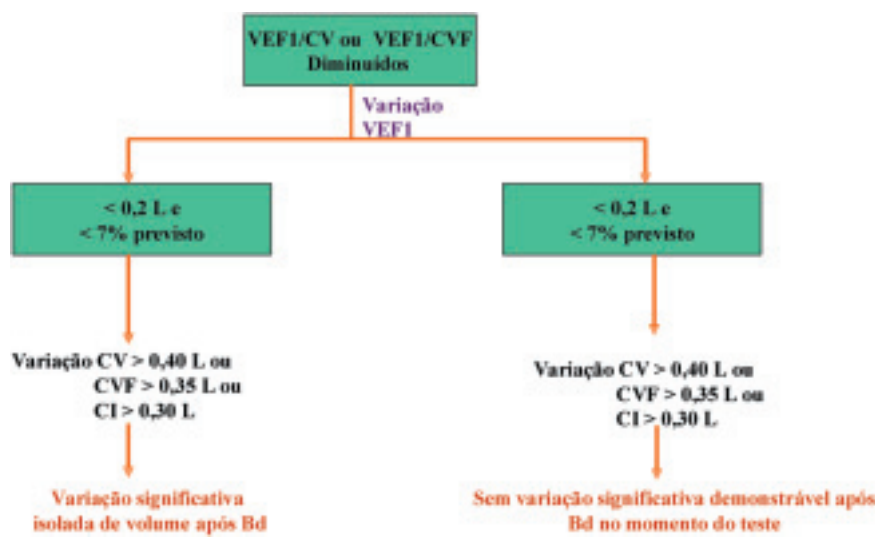


TABELA 3
Interpretação da espirometria após broncodilatador (II)
Critérios de aceitação e reprodutibilidade preenchidos antes e após Bd



Laudo (Caso 2): Distúrbio ventilatório restritivo de grau moderado.

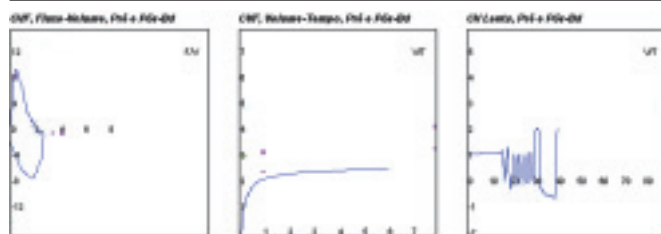
Um **distúrbio restritivo** é caracterizado fisiologicamente por redução da capacidade pulmonar total. Quando a capacidade vital e a capacidade vital forçada (incluin-

do as medidas após broncodilatador) são reduzidas na presença de relação $VEF_1/CVF\%$ e $FEF_{25-75}/CVF\%$ normais ou elevadas, distúrbio restritivo é inferido. Note que o VEF_1 é diminuído percentualmente, mas isto isoladamente não caracteriza obstrução ao fluxo aéreo.

Na presença de uma doença clínica potencialmente restritiva (ex. fibrose pulmonar) o diagnóstico de restrição com estes achados espirométricos será aceito. Na ausência de doença potencialmente restritiva, ou na presença de achados clínicos sugestivos de obstrução o laudo deverá ser de distúrbio ventilatório inespecífico.

Caso 3. FIBROSE PULMONAR IDIOPÁTICA

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré
CVF (L)	4,23	3,37	2,62	62
VEF ₁ (L)	3,24	2,45	2,25	69
VEF ₁ /CVF	0,77	0,70	0,86	111
FEF _{25-75%} (L/s)	2,91	1,75	3,06	105
FEF _{25-75%} /CVF	0,70	0,42	1,17	166
PFE (L/s)	8,84	8,69	9,85	111
CV (L)	4,23	3,37	2,67	63
CI (L)	–	–	2,17	–

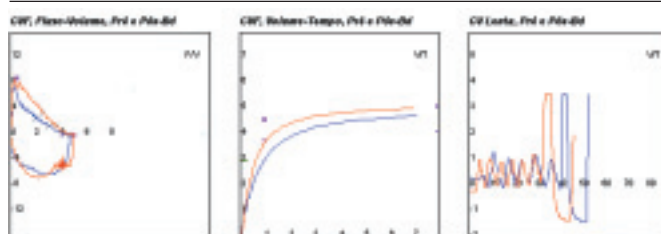


Laudo (caso 3): Distúrbio ventilatório restritivo moderado com fluxos supranormais.

Em fibrose pulmonar o achado de fluxos supranormais (VEF₁/CVF elevado, acima de 110% do previsto, ou FEF_{25-75%} acima de 150%) se associa com mau prognóstico por indicar aumento da retração elástica e prováveis bronquiectasias de tração, que reduz a resistência das vias aéreas. Estes achados indicam doença avançada.

Caso 4. 25 anos, masc., asma

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré	Pós-BD	% Pós	% variação
CVF (L)	5,12	4,15	4,74	93	5,03	98	6
VEF ₁ (L)	4,59	3,76	3,13	68	3,81	83	22
VEF ₁ /CVF x 100	94	76	66	70	76	81	15
FEF _{25-75%} (L/s)	5,27	3,58	2,03	38	3,13	59	54
FEF _{25-75%} /CVF x 100	100	60	43	43	62	62	45
PFE (L/s)	8,84	8,69	7,54	85	8,34	94	11
CV (L)	5,12	4,15	4,97	97	4,96	97	0
CI (L)	–	–	3,64	–	3,64	–	0



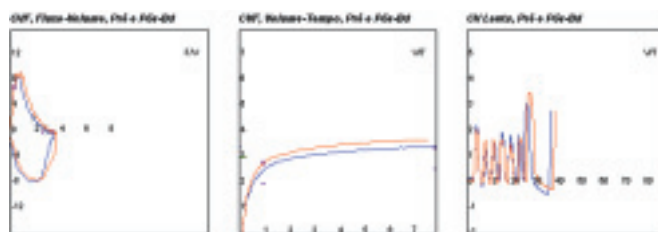
Laudo (caso 4): Distúrbio ventilatório obstrutivo de grau leve, com variação isolada significativa de fluxo após broncodilatador, com normalização funcional. Os dados funcionais são compatíveis com o diagnóstico de asma.

Comentários: respostas isoladas de fluxo sugerem obstrução de vias aéreas maiores em asma. Pode-se estabelecer a normalidade após broncodilatador porque o VEF₁ e os fluxos e suas relações com a CVF ficaram acima do limite inferior do previsto após o Bd.

Normalização funcional em não fumantes, associada a variação do VEF₁ ≥ 10% do previsto, na prática é diagnóstica de asma.

Caso 5: Não fumante, 49 anos, asma

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré	Pós-Bd	% Pós	% variação
CVF (L)	3,39	2,53	3,44	101	3,72	110	8
VEF ₁ (L)	2,76	1,97	2,62	95	2,90	105	11
VEF ₁ /CVF	0,80	0,72	0,76	95	0,78	97	2
FEF _{25-75%} (L/s)	2,83	1,70	2,07	73	2,50	88	20
FEF _{25-75%} /CVF	0,82	0,49	0,60	74	0,67	82	11
PFE (L/s)	6,99	6,84	8,69	124	9,46	135	9
CV (L)	3,39	2,53	3,56	105	3,79	112	6
CI (L)	–	–	3,15	–	3,55	–	13

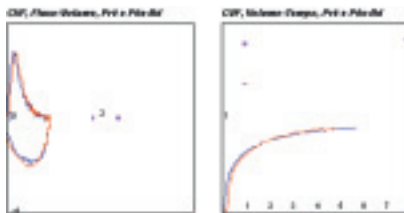


Laudo (caso 5): Distúrbio ventilatório obstrutivo de grau leve, com variação significativa de fluxo e de volume após broncodilatador.

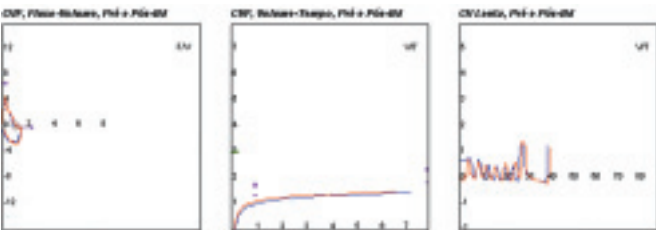
Comentários – Os valores da espirografia antes do broncodilatador situam-se na faixa prevista. Note entretanto a concavidade na curva expiratória. Este achado, associado ao diagnóstico de asma levou ao uso de broncodilatador, que mostrou resposta do VEF₁ acima de 10% do previsto, valor necessário para caracterizar variação significativa com espirometria normal. Além disto, a capacidade inspiratória elevou-se acima de 0,30L após o Bd. Note a elevação na manobra da capacidade vital lenta.

Caso 6. 75 anos, feminina, não fumante, dispnéia grau 4 – Asma?

Pré-corticóide							
Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré	Pós-Bd	% Pós	% variação
CVF (L)	2,38	1,83	0,91	38	0,90	38	-1
VEF ₁ (L)	1,78	1,35	0,65	37	0,66	37	1
VEF ₁ /CVF	0,77	0,70	0,72	93	0,73	95	3
FEF _{25-75%} (L/s)	1,83	1,10	0,41	22	0,46	25	12
FEF _{25-75%} /CVF	0,72	0,43	0,45	62	0,51	71	14
PFE (L/s)	6,82	6,67	2,81	41	2,81	41	0
CV (L)	2,38	1,83	-	-	-	-	-
CI (L)	-	-	-	-	-	-	-



Pós-corticóide							
Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré	Pós-Bd	% Pós	% variação
CVF (L)	2,38	1,83	1,47	62	1,51	63	3
VEF ₁ (L)	1,78	1,35	1,08	61	1,16	65	8
VEF ₁ /CVF	0,77	0,70	0,73	95	0,77	100	5
FEF _{25-75%} (L/s)	1,83	1,10	0,74	41	0,96	52	29
FEF _{25-75%} /CVF	0,72	0,43	0,51	71	0,64	89	25
PFE (L/s)	6,82	6,67	4,18	61	4,87	71	17
CV (L)	2,38	1,83	1,47	62	1,59	67	8
CI (L)	-	-	1,35	-	1,45	-	7



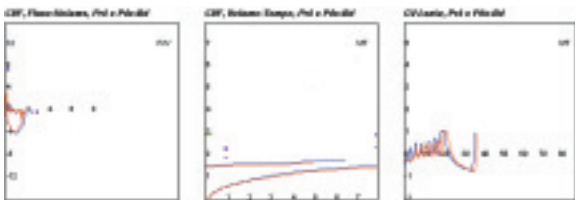
Laudo (Caso 6) – Distúrbio ventilatório inespecífico.

Comentários – O padrão aparente é de distúrbio ventilatório restritivo, porém a radiografia de tórax e a tomografia de alta resolução demonstraram hiperinsuflação pulmonar, o que sugeria doença obstrutiva com aprisionamento acentuado de ar. Após curso curto de corticosteróide oral houve reversibilidade significativa do quadro, porém, sem normalização funcional e com manutenção das relações VEF₁/CVF e FEF_{25-75%}/CVF dentro da faixa prevista. Este caso demonstra que obstrução de vias aéreas periféricas pode resultar em acentuado aprisionamento

de ar e padrão pseudo-restritivo. CV(F) abaixo de 50% em geral indica verdadeiro distúrbio obstrutivo, porém exceções podem ocorrer como o presente caso.

Caso 7. 65 anos feminina, fumante de 102 anos-maço. DPOC.

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré	Pós-Bd	% Pós	% variação
CVF (L)	2,98	2,43	1,85	62	1,70	57	-8
VEF ₁ (L)	2,33	1,90	0,71	30	0,67	29	-5
VEF ₁ /CVF	0,79	0,71	0,38	49	0,39	50	3
FEF _{25-75%} (L/s)	2,18	1,31	0,21	10	0,22	10	2
FEF _{25-75%} /CVF	0,76	0,46	0,11	15	0,13	17	11
PFE (L/s)	7,66	7,51	2,88	38	3,51	46	22
CV (L)	2,98	2,43	1,79	60	1,77	59	-1
CI (L)	-	-	1,16	-	1,14	-	-2

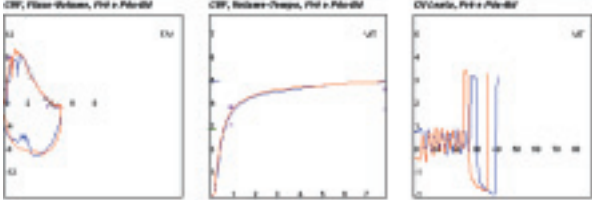


Laudo (Caso 7): Distúrbio ventilatório obstrutivo de grau acentuado com CVF reduzida por aprisionamento de ar, sem variação significativa após broncodilatador no momento do teste.

Comentários – Em doenças obstrutivas com grande aumento do VR e elevação da relação VR/CPT haverá redução da CV(F). Na ausência de medidas da CPT, a diferença percentual entre CVF e VEF₁ acima de 25% indica aprisionamento de ar em 95% dos casos. A redução da CV(F) na presença de doença obstrutiva não deve induzir ao laudo de distúrbio misto.

Caso 8. 37 anos, masculino, não fumante. Tosse frequente.

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré	Pós-Bd	% Pós	% variação
CVF (L)	4,73	3,87	5,13	108	5,11	108	0
VEF ₁ (L)	3,95	3,16	4,00	101	4,05	103	1
VEF ₁ /CVF	0,83	0,75	0,78	94	0,79	95	2
FEF _{25-75%} (L/s)	4,30	2,58	3,66	85	3,77	88	3
FEF _{25-75%} /CVF	0,93	0,56	0,71	77	0,74	80	3
PFE (L/s)	8,51	8,36	9,35	110	9,87	116	6
CV (L)	4,73	3,87	5,21	110	5,28	112	1
CI (L)	-	-	3,38	-	3,62	-	7

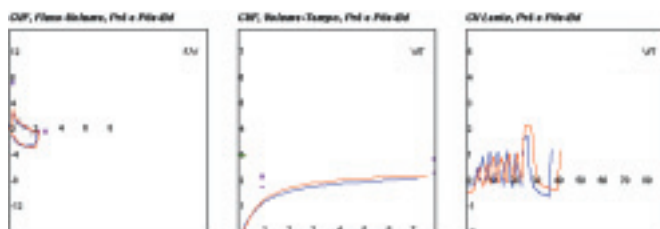


Laudo (caso 8): Espirometria normal. Presença de entalhe repetida na curva expiratória. Investigar traqueomalácia.

Comentário – Presença de entalhe na curva expiratória em geral decorre de tosse, porém, se repetido, sugere colapso traqueal por malácia, que pode resultar em tosse crônica, infecções respiratórias repetidas e mesmo dispnéia ao amarrar os sapatos. O diagnóstico pode ser confirmado por demonstração de redução de mais de 50% da luz traqueal à expiração forçada. O exame deve ser solicitado sem sedação.

Caso 9. 66 anos, feminina, não fumante. Asma

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré	Pós-Bd	% Pós	% variação
CVF (L)	2,92	2,37	2,16	74	2,30	79	6
VEF ₁ (L)	2,27	1,84	1,34	59	1,46	64	9
VEF ₁ /CVF	0,78	0,71	0,62	79	0,63	81	3
FEF _{25-75%} (L/s)	2,14	1,29	0,75	35	0,85	39	12
FEF _{25-75%} /CVF	0,76	0,45	0,35	46	0,37	49	5
PFE (L/s)	7,58	7,43	2,72	36	3,37	44	24
CV (L)	2,92	2,37	2,35	80	2,55	87	9
CI (L)	–	–	1,84	–	2,29	–	24



Laudo (caso 9): O distúrbio será classificado como distúrbio ventilatório obstrutivo de grau moderado com CV(F) reduzida. Variação significativa isolada de volume, expressa por elevação da capacidade inspiratória, após broncodilatador.

Comentário – Embora a CVF e a CV estejam abaixo do limite inferior do previsto antes do broncodilatador, após o Bd a CV se situa acima do limite inferior do previsto, o que exclui qualquer implicação a respeito de possível restrição associada.

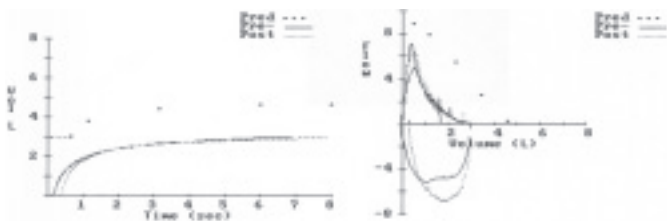
Este caso real ilustra um achado recente que é o do aumento da capacidade inspiratória isoladamente, como expressão da resposta a broncodilatador.

O aumento do volume residual, por aprisionamento de ar nas doenças obstrutivas resulta em diminuição da capacidade inspiratória. Este achado é a maior causa da dispnéia nas doenças obstrutivas. A redução da capacidade inspiratória após broncodilatador indica que o volume de ar preso foi reduzido, o que se correlaciona com o alívio da dispnéia. Elevação da capacidade inspiratória

acima de 0,30L ou 15% do valor inicial reflete melhora clínica após broncodilatador com aumento da tolerância ao exercício.

Caso 10. 44 anos, masculino, fumante 50 anos-maço. DPOC + TBC residual.

Resultados	Previstos	Limite inferior	Pré	% Pré	Pós-Bd	% Pós	% variação
CVF (L)	4,61	3,66	2,98	65	2,98	65	0
VEF ₁ (L)	3,77	3,02	2,04	54	2,13	56	4
VEF ₁ /CVF	0,82	0,74	0,68	83	0,72	88	6
FEF _{25-75%} (L/s)	3,93	2,36	1,24	32	1,41	36	14
PFE (L/s)	8,80	7,00	6,12	70	5,97	68	-2
CV (L)	4,61	3,66	2,98	65	3,00	65	1
CI (L)	2,80	2,24	1,49	53	1,51	54	1



Laudo (caso 10): Distúrbio ventilatório misto de grau moderado, sem variação significativa após broncodilatador.

Comentário – A diferença estreita (11%) entre a CVF e o VEF₁ bem como o achado radiológico de tuberculose residual significativa permitem o diagnóstico de distúrbio misto. Entretanto, a medida da CPT é sugerida.

REFERÊNCIAS

1. Alberts WM, Goldman AL, Leaverton PG. Bronchodilator testing "confidence intervals" based on the level of bronchial responsiveness. *Chest* 1992;102:737-41.
2. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144:1202-18.
3. Lorber DB, Kaltenborn W, Burrows B. Responses to isoproterenol in a general population sample. *Am Rev Respir Dis* 1978;118:855-61.
4. Sherter CB, Connolly JJ, Schilder DP. The significance of volume-adjusting the maximal midexpiratory flow in assessing the response to a bronchodilator drug. *Chest* 1978;73:568-71.
5. Pereira CAC, Sato T, Morrone N. Resposta funcional a broncodilatador – utilidade da CVF e FEF_{25-75%}. *J Pneumol* 1984;10(Supl):113 (resumo).
6. Jansen JM, Plotkowski LM, Kux R, Santos Filho EB, Milagres JA. Determinação da melhor dose de um broncodilatador – Estudo dose-resposta com salbutamol spray em pacientes asmáticos. *J Pneumol* 1986;12:211-6.
7. Weir DC, Burge PS. Measures of reversibility in response to bronchodilators in chronic airflow obstruction: relation to airway calibre. *Thorax* 1991;46:43-5.
8. Eliasson O, Degraff Jr AC. The use of criteria for reversibility and obstruction to define patient groups for bronchodilator trials. *Influence*

- of clinical diagnosis, spirometric, and anthropometric variables. *Am Rev Respir Dis* 1985;132:858-64.
9. Dompeling E, Van Schayck CP, Molina J, et al. A comparison of six different ways of expressing the bronchodilating response in asthma and COPD; reproducibility and dependence of prebronchodilator FEV₁. *Eur Respir J* 1992;5:975-81.
10. Meslier N, Rocineux JL, Six P, et al. Diagnostic value of reversibility of chronic airway obstruction to separate asthma from chronic bronchitis: a statistical approach. *Eur Respir J* 1989;2:497-505.
11. Sourk RL, Nugent KM. Bronchodilator testing: confidence intervals derived from placebo inhalations. *Am Rev Respir Dis* 1983;128:153-7.
12. Tweeddale PM, Alexandre F, McHardy GJR. Short term variability in FEV₁ and bronchodilator responsiveness in patients with obstructive ventilatory defects. *Thorax* 1987;42:487-90.
13. British Thoracic Society and Associations of Respiratory Technicians and Physiologists. Guidelines for the measurement of respiratory function. *Respir Med* 1994;88:165-94.
14. Enright PL. Reporting the reproducibility of spirometric results. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:1367-8.
15. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen R, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows: report of working party, standardization of lung function tests. European Community for steel and coal – official statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;6(Suppl 16):5-40.
16. Dales RE, Spitzer WO, Tousignant P, Schechter M, Suissa S. Clinical interpretation of airway response to a bronchodilator. Epidemiologic considerations. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:317-20.
17. Watanabe S, Renzetti AD Jr, Begin R, Bigler AH. Airway responsiveness to a bronchodilator aerosol. *Am Rev Respir Dis* 1974;109:530-7.
18. Pereira CAC, Rebello CB, Diccini S, Sato T. Resposta a broncodilatador em doenças obstrutivas – asma vs DPOC. *J Pneumol* 1996;22 (Supl 1):50 (resumo).
19. Ekwo EE, Weinberger MM, Dusdieker LB, Huntley WH, Rodgers P, Maxwell GA. Airway response to inhaled isoproterenol in normal children. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:108-9.
20. Jones MH. Estudo da associação entre a resposta espirométrica à inalação de salbutamol e hiperreatividade brônquica em crianças normais. Tese, Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995; 96p.
21. Nisar M, Earis JE, Pearson MG, Calverley PMA. Acute bronchodilator trials in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:555-9.
22. Kesten S, Rebuck AS. Is the short-term response to inhaled beta-adrenergic agonist sensitive or specific for distinguishing between asthma and COPD? *Chest* 1994;105:1042-5.
23. Quadrelli SA, Roncoroni AJ, Montiel GC. Evaluation of bronchodilator response in patients with airway obstruction. *Respir Med* 1999; 93:630-6.
24. Bibi H, Montgomery M, Pasterkamp H, Cherniack V. Relationship between response to inhaled salbutamol and methacholine bronchial provocation in children with suspected asthma. *Pediatr Pulmonol* 1991; 10:244-8.
25. Guyatt GH, Townsend M, Nogradi MS, et al. Acute response to bronchodilator – An imperfect guide for bronchodilator therapy in chronic airflow limitation. *Arch Intern Med* 1988;148:1949-52.
26. Pereira CAC, Shimabokuro A, Sato T, Saito M, Campos HS, Nakatani J. Teofilina e fenoterol associados ou combinados com brometo de ipratrópio em DPOC: efeitos a longo prazo medidos por função pulmonar seriada, qualidade de vida e uso adicional de broncodilatador. *J Pneumol* 1995;21:274-82.
27. Peacock MD, Johnson JE. Utilization of acute bronchodilator responses in stable COPD to predict the relative efficacy of individual agents. *Chest* 1992;101:1552-7.
28. Gimeno F, Postma DS, Van Altena R. Plethysmographic parameters in the assessment of reversibility of airways obstruction in patients with clinical emphysema. *Chest* 1993;104:467-70.
29. Gerard WM, Light RW. Should the FVC be considered in evaluating response to bronchodilator? *Chest* 1983;84:87-9.
30. Ramsdell JN, Tisi GM. Determination of bronchodilation in the clinical pulmonary function laboratory. Role of changes in static lung volumes. *Chest* 1979;76:622-8.
31. Papiris S, Galavotti V, Sturani C. Effects of beta-agonists on breathlessness and exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration* 1986;49:101-8.
32. O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Spirometric correlates of improvement in exercise performance after anticholinergic therapy in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160: 542.
33. Belman MJ, Botnick WC, Shin JW. Inhaled bronchodilators reduce dynamic hyperinflation during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153: 967-75.
34. Rodrigues Jr R, Pereira CAC. Resposta a broncodilatador na espirometria: que parâmetros e valores são clinicamente relevantes em doenças obstrutivas? *J Pneumol* 2001;27:35-47.
35. O'Donnell DE. Assessment of bronchodilator efficacy in symptomatic COPD: is spirometry useful? *Chest* 2000;117(2 Suppl):42S-7S.
36. O'Donnell DE, Forkert L, Webb KA. Evaluation of bronchodilator responses in patients with "irreversible" emphysema. *Eur Respir J* 2001; 18:914-20.
37. Newton MF, O'Donnell DE, Forkert L. Response of lung volumes to inhaled salbutamol in a large population of patients with severe hyperinflation. *Chest* 2002;121:1042-50.

11. RELATÓRIO FINAL

No relatório final da espirometria, vários dados em relação à qualidade do exame, dose de broncodilatador, valores previstos, algoritmo para caracterização e classificação dos distúrbios, devem ser assinalados.

Fica claro pelos algoritmos antes propostos, que a interpretação do exame deverá em muitos casos levar em conta dados clínicos. Esta é uma grande mudança de enfoque e diferente de considerar apenas valores numéricos e gráficos e que considera a probabilidade pré-teste na interpretação do exame. Evidentemente isto requer informações clínicas e radiológicas, com o teste sendo interpretado por médico, preferivelmente especialista.

No relatório deve constar se os critérios de aceitação e reprodutibilidade foram preenchidos, os valores de referência utilizados para que o clínico possa julgar se o teste foi adequado e se os dados de referência se ajustam à idade, sexo, altura e raça. Este item é especialmente relevante na avaliação de incapacidade e em exames periódicos de saúde, situações nas quais a adoção de valores adequados de referência terá valor crítico na interpretação.

O número de parâmetros deve ser pequeno para evitar resultados falso-positivos. A interpretação dos testes de função pulmonar deve ser conservadora em sugerir diagnósticos específicos. Valores limítrofes devem ser interpretados com cautela. Tais interpretações deveriam, quando possível, usar informação clínica na decisão sobre o que é normal ou anormal.

Modelo de seqüência na redação dos laudos espirométricos

- # Valores previstos utilizados
- # Descrição das anormalidades pré-Bd
 - Volumes de determinação direta – CV, CVF, VEF₁
 - Fluxos aéreos – VEF₁/CVF, FEF₂₅₋₇₅, FEF₅₀, FEF₇₅
- # Conclusão
 - Síntese da descrição em padrões funcionais
 - Algoritmo de interpretação utilizado
 - Enunciado de normalidade
 - Enunciado de DVO e gravidade
 - Compatibilidade para DVR ou DVC e gravidade
 - Enunciado de distúrbio ventilatório inespecífico
 - Resposta a Bd e dose fornecida
 - Compatibilidade com informações clínicas/diagnóstico nosológico
 - Comparação com exames anteriores quando indicado
 - Observações, quando indicado

12. APLICAÇÕES DA ESPIROMETRIA

A espirometria pode ser indicada por uma larga variedade de razões.

A espirometria é freqüentemente realizada como procedimento de triagem. Neste papel, pode ser o primeiro teste a indicar a presença de doença pulmonar. A espirometria isolada, contudo, pode não ser suficiente para definir completamente a extensão da doença, resposta ao tratamento, risco pré-operatório ou nível de incapacidade.

As razões para realizar espirometria podem ser divididas em 3 categorias maiores: 1) propósitos diagnósticos; 2) monitorização da doença ou seu tratamento e 3) avaliação de incapacidade.

Espirometria é freqüentemente diagnóstica em pacientes que apresentam sinais ou sintomas pulmonares tais como: dispnéia, sibilância, tosse, expectoração crônica, ortopnéia; sons respiratórios reduzidos, anormalidades da parede torácica; alterações na radiografia de tórax e nas medidas dos gases arteriais.

A espirometria também é útil para diagnosticar os efeitos de várias doenças sobre os pulmões tais como: DPOC, asma, doenças intersticiais, ICC e doenças neuromusculares. Outras indicações diagnósticas incluem avaliação pré-operatória e para avaliação prognóstica para procedimentos tais como: transplante de pulmão e cirurgia redutora de volume.

A espirometria também é comumente empregada para propósito de monitorização. O exemplo mais comum é avaliação da resposta a broncodilatadores. Variáveis espirométricas (especialmente CVF e VEF₁) são os parâmetros básicos para acompanhar o curso das doenças pulmonares obstrutivas.

A medida da CV(F) é também básica para o acompanhamento de doenças intersticiais e neuromusculares. A espirometria é largamente utilizada para monitorizar a função pulmonar em exposições ocupacionais que envolvam agentes de risco. Avaliação da disfunção ou incapacidade freqüentemente incorpora a espirometria, bem como medidas funcionais são largamente utilizadas em programas de reabilitação.

Os testes de função pulmonar podem dar informações secundárias ou ter um papel central na avaliação de doenças pulmonares⁽¹⁻³⁾.

As aplicações mais relevantes da espirometria são discutidas abaixo em maior detalhe:

1. Identificação de doença ou envolvimento pulmonar

Em indivíduos sob risco a presença de doença pulmonar pode ser confirmada pela espirometria. Exemplos incluem DVR em indivíduos expostos a asbesto, DVO em indivíduos expostos a isocianato ou DVR em portadores de doenças sistêmicas que envolvem freqüentemente o pulmão, como esclerose sistêmica progressiva, AR e LES; o mesmo se aplica às doenças neuromusculares. Na suspeita de doença difusa, além da espirometria a difusão de CO deve ser obtida, já que é um teste mais sensível. Na falta de medidas da DCO, uma queda de 4% ou mais na saturação de O₂ em teste de caminhada rápida em corredor por 6min se correlaciona com redução moderada ou acentuada da difusão de CO^(4,5).

Na suspeita de HRB, quando a espirometria é normal, teste de broncoprovocação deve ser realizado (ver capítulo sobre hiperresponsividade brônquica).

2. Quantificação da doença

Desde que os testes de função pulmonar são medidas quantitativas, eles são a maneira mais objetiva para mensurar a extensão do envolvimento pulmonar pela doença. Em geral os testes de função pulmonar se correlacionam com a extensão da doença demonstrável por outros métodos clínicos, incluindo a radiografia de tórax. Contudo correlação pobre com a radiografia convencional é bem conhecida em DPOC, doença vascular pulmonar e em pneumoconioses, em que existe pouca correlação com o tipo ou a profusão das pequenas opacidades⁽²⁾.

A limitação da classificação de gravidade dos diferentes distúrbios ventilatórios já foi comentada anteriormente.

3. Diagnóstico

É freqüentemente dito que “os testes de função pulmonar não fazem diagnóstico”. Em geral isto é verdadeiro, mas no mesmo sentido que a radiografia também não estabelece diagnóstico. A demonstração de distúrbio ventilatório restritivo na função pulmonar e de infiltrado intersticial na radiografia de tórax tem limitações semelhantes. Nas doenças pulmonares obstrutivas o perfil espirométrico não indica a doença responsável, exceto se a obstrução é completamente revertida, o que define asma.

Para propósitos práticos, obstrução crônica ao fluxo aéreo é descartada quando DVO não é demonstrado pela espirometria, mas se o paciente tem dispnéia ou tosse crônica um teste de broncoprovocação é sugerido.

4. Detecção de doença precoce – DPOC

DPOC é diagnosticada tardiamente no seu curso natural. Por muitos anos os sintomas precoces (isto é, tosse crônica e expectoração) são negligenciados. Habitualmente o paciente procura o médico quando se torna dispnéico. Nesta ocasião, mais da metade da reserva ventilatória do paciente foi irreparavelmente perdida. Devido ao aumento da prevalência e mortalidade da DPOC, e seus altos custos médicos, é importante identificar estes pacientes e tratá-los antes que alcancem os estágios sintomáticos e custosos da doença.

DPOC mesmo moderada não pode ser detectada de maneira confiável por história clínica ou exame físico⁽⁶⁻⁸⁾. A espirometria anormal é um forte preditor de progressão rápida da DPOC⁽⁹⁾. O declínio anual no VEF₁ em adultos não fumantes com idade entre 35 a 65 anos foi determinada por vários estudos longitudinais e é, em média de 30ml/ano, com um limite superior de 50ml/ano, valor que pode ser usado para caracterizar declínio anormal⁽¹⁰⁾ (Figura 1).

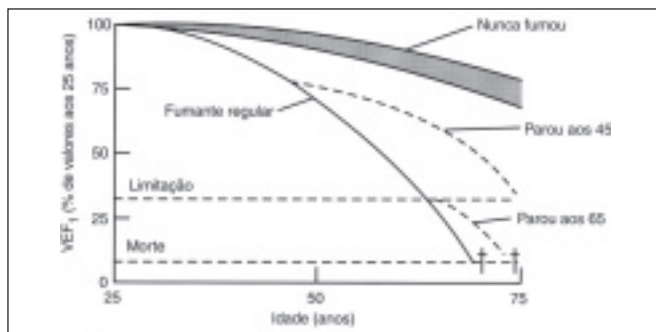


Figura 1

O Lung Health Study⁽⁹⁾ foi o primeiro a demonstrar prospectivamente que a intervenção precoce em fumantes em risco para desenvolver DPOC relevante poderia modificar a história natural da doença (Figura 2).

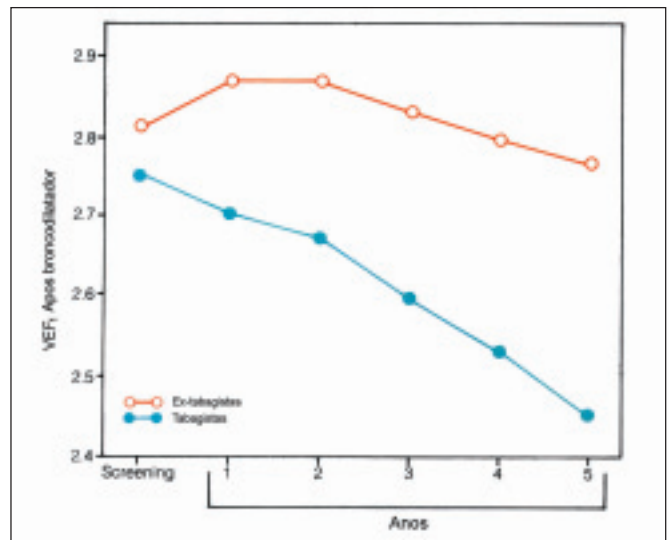


Figura 2 – Evolução funcional no Lung Health Study

O levantamento Nacional de Saúde e Nutrição III norte-americano (NHANES III), revelou que a espirometria pode detectar obstrução leve ao fluxo aéreo em milhares de fumantes, muitos assintomáticos⁽¹¹⁾. Prevalência de função pulmonar baixa foi de 21% em mais de 14 milhões de fumantes sintomáticos (tosse crônica, expectoração, sibilância, ou dispnéia de exercício) e de 12% em mais de 5 milhões de fumantes assintomáticos.

Recomendações^(11,12):

Espirometria deve ser realizada para pacientes fumantes 45 anos ou mais para detectar DPOC. Pacientes fumantes com espirometria normal devem repetir o exame a cada 3-5 anos.

Razão – A espirometria preenche os critérios de um teste triagem:

- 1) a doença, se não detectada precocemente, causa morbidade e mortalidade substanciais;
- 2) tratamento é disponível que é mais efetivo quando usado após os sintomas sugerirem;
- 3) um teste viável e estratégia de acompanhamento é disponível que:
 - a. minimiza os falso-positivos e falso-negativos
 - b. é relativamente simples e disponível
 - c. é seguro

5. Doenças pulmonares comuns

5.1. Asma

a) Em crises – a função pulmonar é freqüentemente anormal quando sinais e sintomas desaparecem (em geral com VEF₁ acima de 50% do previsto)⁽¹³⁾. Por dados clínicos os médicos freqüentemente subestimam a gravidade da obstrução e avaliam incorretamente a magnitude da resposta ao tratamento⁽¹⁴⁾. Na falta de espirometria o

PFE pode ser usado, porém o VEF_1 é melhor indicador do grau de obstrução⁽¹⁵⁾.

b) Manutenções – espirometrias periódicas são indicadas em asmáticos com doença moderada/grave para verificar o nível de função atingido após introdução de tratamentos de manutenção como corticosteróides inalados. Valores de função ocasionalmente obtidos podem não refletir o curso mutável da obstrução⁽¹⁶⁾, porém valores freqüentemente reduzidos indicam necessidade de tratamento mais intenso ou impossibilidade de retirada ou redução das doses da medicação, e permitem também detectar pacientes pouco sintomáticos com obstrução importante (asma silenciosa). Resposta a B_d “espetaculares” (mais de 30% do VEF_1 previsto), associadas a história de crises súbitas e intensas apontam para asma lábil que é de alto risco.

5.2. DPOC

DPOC é uma doença definida funcionalmente. A capacidade do médico de estimar a presença de gravidade da doença, a partir dos dados clínicos, é limitada⁽⁶⁻⁸⁾. Além disso, o VEF_1 é o melhor indicador prognóstico^(17,18).

a) Espirometrias anuais, fora do período de exacerbação, devem ser realizadas para avaliação da história natural da doença. De modo semelhante à asma, espirometrias seriadas após mudanças de tratamento podem dar informações importantes.

Freqüentemente, pacientes com doença pulmonar obstrutiva não têm reversibilidade completa do VEF_1 após B_d. Para verificar o grau de reversibilidade, independente da suspeita clínica (asma crônica ou DPOC com componente reversível), pode ser necessário um ensaio com corticosteróide. O seguinte protocolo é recomendado:

- Obter espirometria basal;
- Administrar prednisona 0,5mg/kg ou equivalente por dia por 2 semanas;
- Ao final de 2 semanas repetir a espirometria;
- Se o VEF_1 melhorar menos de 0,3L ou 10% em relação ao previsto, interromper o corticóide;
- Se o VEF_1 melhorar mais de 0,3L ou 10% em relação ao previsto, o paciente tem obstrução reversível e corticóide inalado deve ser prescrito.

O papel das medidas da CV e da CI nesta situação deve ser estabelecido.

5.3. Doenças intersticiais difusas crônicas

Para acompanhamento, medidas de dispnéia por questionários validados⁽¹⁹⁾, difusão de CO, $SatO_2$ no exercício e CVF são os testes mais importantes⁽²⁰⁾ e devem ser repetidos, em geral, a cada 3 meses ou em prazos maiores ou menores, de acordo com a evolução individual. Em alguns casos, a troca gasosa é mais afetada; em outros a $SatO_2$ de exercício é preservada, apesar de importante re-

dução da CVF. Nestes casos o parâmetro mais alterado deve merecer maior atenção durante o acompanhamento.

6. Investigação de dispnéia

Muitos pacientes queixam-se de dispnéia aos esforços, sendo a história, o exame físico, a radiografia de tórax e o ECG normais. Espirometria está indicada nestes casos. Se normal, o teste de broncoprovocação irá identificar HRB em grande número de casos⁽²¹⁻²³⁾. Se estes forem normais, na ausência de sintomas evidentes de síndrome de hiperventilação ou dispnéia psicogênica, o paciente deve ser encaminhado para teste de exercício com medidas metabólicas que orientará melhor o curso posterior da investigação.

7. Acompanhamento e resposta ao tratamento

7.1. DPOC e doenças intersticiais

Para muitas aplicações, os resultados dos testes de função pulmonar são interpretados com base em medidas seriadas nas quais os valores iniciais ou finais constituem os valores de referência. Alterações que excedem facilmente o erro de medida são encontradas diariamente e constituem uma das bases da medicina clínica; já mudanças nos testes de função ao longo de meses ou anos em exposições ocupacionais ou para avaliar o efeito do tabagismo podem ser pequenas, e para que uma tendência significativa seja estabelecida, um longo tempo de observação com medidas repetidas pode ser necessário.

As variações longitudinais da função pulmonar são examinadas por 2 razões: 1) para avaliar a resposta de um indivíduo ao tratamento; e 2) para detectar perda acelerada de função pulmonar.

Para doentes com obstrução ao fluxo aéreo, mudanças de pelo menos 10% em relação ao valor previsto do VEF_1 , excedido 0,20L, são requeridos ao longo de semanas, para valorização de mudança por alguma intervenção ou piora⁽²⁴⁾. Em doentes com doenças intersticiais, mudança funcional é considerada significativa quando a CVF muda 10% ou mais em relação ao valor inicial, excedido o valor mínimo de 0,20L⁽²⁵⁾.

Testes longitudinais têm grande importância clínica, mas sua valorização deve ser individualizada. Num paciente portador de doença freqüentemente progressiva e fatal como a fibrose pulmonar idiopática, o achado de estabilidade funcional é bastante reconfortante. Já tal achado, num portador de sarcoidose em tratamento, indicaria não resposta e seria desanimador.

7.2. Exposição ocupacional

7.2.1. Mudanças agudas na função pulmonares relativas ao trabalho⁽²⁶⁾

A espirometria é utilizada para monitorizar os efeitos de exposições perigosas: a) curto-prazo e b) efeitos a lon-

go-prazo. Medidas espirométricas para avaliar efeitos de curto-prazo ou efeitos agudos são apropriadas nos contatos de exposições a poeiras orgânicas e uma faixa de substâncias sensibilizantes ou tóxicas. Efeitos de exposição aguda são usualmente avaliados por mudanças a curto-prazo na espirometria (ex. Mudança no VEF_1 através do primeiro turno da semana de trabalho). Ambos, teste pré e pós-turno deveriam preencher os critérios usuais para um teste aceitável. As medidas não devem ser confundidas por exposições não-ocupacionais recentes, tais como o tabagismo. Medidas espirométricas devem ser feitas próximas ou no local de trabalho para evitar um lapso de tempo longo entre a exposição ocupacional e a mudança funcional.

O teste pré-turno deveria ser idealmente realizado 48 horas após a última exposição (ex. após o final de semana) e antes que a exposição seja reiniciada. Deve-se assegurar que a pessoa testada exerceu a atividade usual durante o período do teste. O teste pós-turno deveria ser conduzido quando o trabalhador experimenta sintomas de broncoespasmo ou se este teste é negativo ou o trabalhador não experimenta sintomas, depois de pelo menos seis, mas preferivelmente oito horas de exposição (um turno completo). Na presença de redução moderada a severa do VEF_1 , um broncodilatador pode ser administrado e o efeito observado 10 minutos após. Os efeitos agudos de exposição ao VEF_1 através de um turno são classificados como: nenhum efeito – um aumento ou declínio consistente $< 5\%$; efeito leve – declínio consistente de $5-10\%$; efeito moderado – declínio consistente de $10-20\%$; efeito acentuado – declínio consistente de $> 20\%$. Antes de se decidir mudar o estado de emprego com base nos efeitos agudos medidos, é importante confirmar que o efeito é reproduzível. Três medidas repetidas (em semanas sucessivas) são recomendadas para avaliar a consistência dos efeitos agudos, desde que não envolva riscos.

Quando se avalia a redução do VEF_1 através do turno de trabalho, a temperatura do espirômetro deveria ser $\geq 23^\circ\text{C}$ nos testes feitos antes e depois para evitar um declínio artificial do VEF_1 , dado pela correção inadequada do BTPS pré-turno.

De acordo com várias sugestões, o diagnóstico de asma ocupacional pode ser feito:

1) medindo-se o PFE pelo menos 4 vezes ao dia, 3 medidas feitas a cada vez com a maior selecionada, com a primeira feita logo ao acordar e outra no meio da tarde (17 horas), para capturar o maior e o menor (matinal) do PFE;

2) a monitorização deve ser feita por pelo menos 2 semanas no trabalho e pelo menos dois finais de semana com afastamento do trabalho ou 10 dias, como necessário, para identificar ou excluir mudanças relacionadas ao trabalho no PFE. A variabilidade anormal pode ser ex-

pressa de diversas maneiras – através de variação diária acima de 20% ou mais, desvio-padrão acima de $25\text{L}/\text{min}^{(27)}$ ou comparando-se os valores no trabalho e fora por teste “t” de Student. Uma técnica mais sensível, específica e certamente mais difícil, é inspecionar visualmente os gráficos dos PFEs máximo, médio e mínimo diários. Estes gráficos, quando examinados por interpretadores experientes, podem ser usados para investigar padrões de PFE durante as exposições no trabalho e fora dele.

7.2.2. Mudanças a longo prazo na função pulmonar relativas ao trabalho

Foi determinada pela legislação trabalhista brasileira (NR7 de 12/94) que os trabalhadores de qualquer empresa, com qualquer número de funcionários, que tenham exposição a poeiras, façam radiografia de tórax e espirometria na admissão, na mudança de função e em diversos intervalos determinados. Esta periodicidade irá depender da natureza dos aerodispersóides, se fibrogênicos ou não, e do tempo de exposição (no caso dos não fibrogênicos). Adesão estrita ao controle de qualidade nos laboratórios de função responsáveis pelos testes é essencial para valorização adequada dos resultados e confiança nos estudos longitudinais.

Espirometria é fácil de administrar, barata e segura, e razoavelmente sensível para a detecção de doença pulmonar. Quando os resultados dos testes espirométricos são comparados com um limite inferior de referência transversal, a perda excessiva de função pulmonar será identificada adequadamente em trabalhadores com pulmões de tamanho médio ou menor. Contudo, tais avaliações não irão detectar perda precoce excessiva de função em trabalhadores com tamanho pulmonar acima da média, isto é, acima de 100% do previsto. Particularmente para estes indivíduos, mudanças na função pulmonar no tempo deveriam ser incluídas num programa de triagem para determinar se os resultados dos testes estão caindo mais rapidamente do que o esperado.

Perdas do VEF_1 ou CVF no tempo podem ser estimadas simplesmente calculando-se a diferença entre os volumes medidos em 2 pontos no tempo, ou desenhando-se uma reta dos mínimos quadrados, e verificando-se sua inclinação, através das medidas periódicas no tempo para um indivíduo.

Devido a que as estimativas da taxa individual de variação se tornam mais precisas à medida que o tempo de acompanhamento aumenta, perdas de VEF_1 ou CVF deveriam ser estimadas a partir de medidas feitas num período mínimo de 4 a 6 anos. A frequência das medidas tem menor impacto sobre a precisão do que o tempo de acompanhamento, mas medidas periódicas são necessárias para detectar declínios rápidos de função pulmonar e para detectar diferenças sistemáticas entre os exames no tempo.

Interpretação de mudanças no tempo é complicada pela variação substancial nas taxas de mudança que existem entre os trabalhadores e em um trabalhador individual. Embora o VEF_1 e a CVF possam ser medidos precisamente durante uma sessão, variações técnicas e biológicas no tempo tornam a taxa estimada de mudança de um indivíduo altamente variável. A variabilidade pode ser minimizada pelo uso de espirômetros muito precisos, não se mudando o equipamento desnecessariamente no tempo e mantendo-se um rigoroso programa de qualidade. A variabilidade biológica pode ser reduzida pela condução das sucessivas espirometrias na mesma hora do dia, e no mesmo mês, cada ano.

Devido à precisão ganha pela combinação de resultados em muitos indivíduos, estimativas de mudanças dos grupos pode ser calculada e comparações feitas entre grupos em estudos epidemiológicos.

Dados epidemiológicos indicam que para adultos fumantes desenvolverem obstrução clinicamente significativa ao fluxo aéreo, a taxa média de declínio do VEF_1 provavelmente deve exceder 90ml/ano, ou em torno de 3 vezes aquela vista em não fumante e 2 vezes maior que a taxa observada em fumantes não suscetíveis. Para se minimizar os falso-positivos, a ATS recomenda que as mudanças da CVF ou VEF_1 em um ano ou mais devem exceder 15% para serem consideradas significativas. Devido a que o VEF_1 e a CVF declinam com a idade depois dos 35 anos, com alguma aceleração à medida que a idade avança, uma correção para a perda esperada devido à idade deve ser feita antes de rotular um declínio de 15% como significativo. O limite inferior do normal para o VEF_1 seguido é computado tornando-se 85% do valor basal menos o declínio esperado naquele período de tempo. Um declínio individual esperado no tempo é dependente da idade, mas, para considerações práticas, um valor constante de 25ml/ano é freqüentemente recomendado. Por exemplo, um indivíduo cujo VEF_1 inicial é de 4,0L terá declínio acelerado no VEF_1 se o seu VEF_1 situa-se abaixo de 3,10L, 10 anos após a determinação do valor basal $[(0,85 \times 4,0) - (10 \times 0,025) = 3,10L]$. Tal perda no período de 10 anos será considerada “significativa” e requer avaliação médica uma vez que o valor baixo seja confirmado por um re-teste.

As espirometrias devem ser repetidas a cada 1-2 anos, quando indicadas por exposições no local de trabalho.

8. Avaliação de incapacidade

Cada vez mais indivíduos expostos a agentes ocupacionais ou portadores de doença respiratória são encaminhados para caracterização de incapacidade. Dois conceitos devem ser lembrados⁽²⁸⁻³⁰⁾:

Disfunção (“impairment”) – Anormalidade ou perda funcional atribuível a um agravo à saúde. Pode ser temporá-

ria ou permanente e sua avaliação é uma atribuição essencialmente médica.

Incapacidade (“disability”) – Efeito global da disfunção na vida do indivíduo, resultante da interação entre o grau de disfunção e aspectos ergonômicos, socioeconômicos, educacionais e culturais. É de responsabilidade multidisciplinar, com caráter médico-administrativo.

No campo respiratório o estabelecimento de disfunção/incapacidade (D/I) modifica-se substancialmente de acordo com a natureza predominantemente “fixa” (pneumoconioses, DPOC) ou “variável” (asma) do distúrbio funcional ligado à doença subjacente.

8.1. Doença respiratória com anormalidade funcional estável

Na presença de entidade nosológica com substrato anátomo-funcional “fixo” ou potencialmente estável (silicose, asbestose, pneumoconiose do carvoeiro, fibrose pulmonar crônica, DPOC), os testes funcionais pulmonares no repouso (espirometria, DCO) e a dispnéia devem ser os aspectos inicialmente valorizados.

A disfunção será considerada acentuada⁽³¹⁾ sempre que:

- A espirometria revelar distúrbio ventilatório de qualquer tipo, grave CVF < 50%, $VEF_1/CVF\%$ < 40%, VEF_1 < 40% do previsto.

- A DCO for < 40% do previsto.

- Presença de cor pulmonale.

- Hipoxemia arterial no repouso (documentada no mínimo em duas ocasiões, separadas por 4 ou mais semanas, num paciente estável): a) PaO_2 < 60mmHg ou $SatO_2$ < 90%, se associado a cor pulmonale, hipertensão pulmonar ou poliglobulia; b) PaO_2 repouso ou exercício < 55mmHg ou $SatO_2$ < 85%, independentemente de outros achados.

A disfunção será considerada ausente se os testes mostram valores na faixa prevista (Tabela 1).

Em casos de disfunção presente mas não grave, teste de exercício poderá ser necessário para melhor caracterização, especialmente se a queixa de dispnéia for desproporcional. Destaca-se como indicação formal nos indivíduos sem disfunção grave no repouso, exercendo atividades com esforço sustentado de grau moderado ou com picos de esforço intenso.

No caso de doença ocupacional, as alterações radiológicas (OIT, 1980) devem ser valorizadas em conjunção com os critérios clínico-funcionais.

Por questões operacionais, a avaliação será efetuada num Nível Básico de resolução (clínica, radiografia de tórax e espirometria) e, em casos específicos, num Nível Avançado (associando-se aos supracitados, a DCO, gasometria arterial ou saturação de oxi-hemoglobina e o teste de exercício cardiopulmonar). O Nível Avançado será efetuado nos Centros de Referência para diagnóstico e gra-

TABELA 1
Classificação de disfunção respiratória no repouso e exercício para doenças com anormalidade funcional estável*

Variável	Grau	I Sem disfunção	II Disfunção leve	III Disfunção moderada	IV Disfunção acentuada
a) Sintoma dispnéia		Ausente	Andando rápido no plano ou subindo ladeira devagar	Andando no plano com pessoa da mesma idade ou subindo lance de escada	Andando devagar no plano 100 metros, esforços menores ou mesmo em repouso
b) Espirometria**					
% CVF†			60-LI nl	51-59	< 50
% VEF ₁ ‡, VEF ₁ /CVF%		> LI nl#	60-LI nl	41-59	< 40
c) Difusão**					
DLCO (% previsto)		> 70	60-69	41-59	< 40
d) Exercício **					
VO ₂ máx (% previsto)		> 70	60-69	41-59	< 40
VO ₂ máx (ml/min x kg ⁻¹ ou L/min)		> 25	20-25	15-20	< 15 ou < 1L/min

* Modificado da AMA, 1984, 1988, 1993; ATS, 1982, 1986; EPM, 1994

** Os valores previstos da normalidade deverão seguir as normas da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia.

† É a variável fundamental para a graduação do distúrbio restritivo

‡ É a variável fundamental para a graduação do distúrbio obstrutivo

Limite inferior da normalidade – limite inferior do intervalo de confiança de 95% (x – 1,64 x desvio padrão).

duação da disfunção em pneumoconioses, a serem legalmente estabelecidos.

8.2. Doença respiratória com anormalidade funcional variável

Nas entidades clínicas com alterações funcionais de caráter transitório como a asma, a definição do grau de disfunção deve ser realizada por espirometria, resposta a B_d e classificação clínica. Uma proposta foi publicada⁽³²⁾, mas sua adoção em nosso meio é difícil. Além disto, alguns pontos propostos são discutíveis, como a valorização da resposta ao B_d e a correlação da gravidade com a hiperresponsividade brônquica, que é tênue.

Na caracterização da disfunção por asma, alguns aspectos devem ser ressaltados⁽³²⁾:

- Confirmação do diagnóstico da doença por espirometria e/ou broncoprovocação ou testes de função pulmonar seriados com ou sem o uso de corticosteroide oral.

- Nos casos de asma ocupacional o agente sensibilizante deve ser afastado precocemente; disfunção permanente só deve ser caracterizada depois de decorridos 2 anos, já que resolução completa das alterações funcio-

nais pode ser lenta. Igualmente, flutuações inesperadas na gravidade da doença podem ocorrer. Neste intervalo, a perda funcional deve sempre ser considerada transitória.

- O tratamento deverá ser feito por médico experiente no manuseio de casos de asma de difícil controle. A medicação mínima necessária para controle deverá ser caracterizada por ajustes no tratamento seguidos de períodos de observação de pelo menos 3 meses. Fatores importantes a considerar são: adesão, persistência de fatores desencadeantes e doenças coexistentes.

Disfunção grave estará caracterizada após ajuste ótimo no tratamento e afastamento de fatores desencadeantes se:

- 1) O VEF₁ pós-B_d permanecer abaixo de 50% em 3 ou mais testes realizados nos últimos 6 meses, em largos intervalos ou;

- 2) o doente necessitar para controle corticóide oral contínuo diário na dose de pelo menos 20mg de prednisona ou equivalente por pelo menos 6 meses ou;

- 3) sintomas contínuos, exigindo uso diário de beta-2 agonista inalado, apesar da utilização de pelo menos 10mg de prednisona ou equivalente por dia, associado ou não a corticóide inalatório em doses altas (> 1.000mcg, beclometasona ou equivalente).

9. Avaliação pré-operatória

A fase inicial da avaliação pré-operatória é determinar se disfunção ou doença pulmonar está presente e estimar sua gravidade. Esta informação é então integrada com os riscos associados com o procedimento cirúrgico sob consideração para possibilitar uma estimativa de risco para complicações pulmonares pós-operatórias.

História e exame físico cuidadosos são fundamentais para avaliar o risco pulmonar no pré-operatório. Tosse crônica, dispnéia e intolerância ao exercício devem ser pesquisados. Idade avançada isoladamente não é um fator de risco para complicações pós-operatórias, mas comorbidades associadas são freqüentes; em obesos o risco de complicações pós-operatórias e em geral não é elevado. Tabagismo se relaciona a maiores chances de complicações pós-operatórias^(33,34). Pacientes com DPOC têm risco 3 a 5 vezes maior de complicações pós-operatórias⁽³³⁾. O exame físico pode identificar achados de doença pulmonar não reconhecida. Dados indicativos de obstrução ao fluxo aéreo merecem destaque, como roncocal, sibilos e redução do murmúrio vesicular. Os testes de função pulmonar auxiliam na identificação de pacientes com maior risco cirúrgico e de complicações pulmonares pós-operatórias e permitem identificar anormalidades que podem ser revertidas ou melhoradas antes do ato cirúrgico, como obstrução ao fluxo aéreo⁽³⁵⁾.

Em geral, o risco de complicações geralmente declina à medida que a distância do tórax ao local cirúrgico aumenta^(36,37).

Em alguns estudos a espirometria não mostrou valor preditivo adicional aos achados clínicos, porém a identificação de alterações funcionais pode ter resultado em intervenção pré-operatória, destinada à redução dos riscos^(33,38).

Pacientes com hipercapnia em geral têm acentuada obstrução ao fluxo aéreo e alto risco de complicações pulmonares, porém valores funcionais e gasométricos, mesmo muito anormais, não devem ser proibitivos⁽³⁹⁾.

Todos os candidatos à cirurgia de ressecção pulmonar devem realizar avaliação funcional pré-operatória. Dependendo dos resultados espirométricos, difusão de CO, gasometria e teste cardiopulmonar de exercício podem ser necessários⁽⁴⁰⁾.

Em outros procedimentos cirúrgicos os testes devem ser indicados seletivamente⁽⁴¹⁾. Cirurgias de abdome superior e torácica sem ressecção pulmonar são associadas com risco aumentado de complicações pulmonares.

Pacientes que serão submetidos à cirurgia abdominal baixa, onde se estima prolongado tempo cirúrgico e a cirurgia de cabeça e pescoço, que envolve freqüentemente grandes fumantes, devem ser incluídos nas indicações⁽⁴¹⁾.

9.1. Cirurgia abdominal

Quando a literatura é revista, diversos problemas emergem nos estudos sobre a capacidade preditiva da espirometria para complicações pós-operatórias: alguns não demonstram valor preditivo^(42,43), enquanto outros demonstram uma associação clara entre obstrução ao fluxo aéreo e risco de complicações⁽⁴⁴⁻⁴⁶⁾.

Quando anormalidades da função pulmonar são detectadas no pré-operatório, os doentes podem ser tratados mais intensamente, reduzindo ou anulando o valor preditivo se as complicações pós-operatórias são comparadas com aquelas encontradas em um grupo com espirometria normal. Os estudos em geral não relatam as condutas decorrentes do conhecimento dos valores funcionais pré-operatórios e o nível de vigilância empregado nos doentes com anormalidades.

Doenças clínicas associadas, especialmente cardiovasculares, tempo de cirurgia acima de 3 horas e meia e diagnóstico de pneumopatia elevam o risco de complicações; quando presentes em associação resultam em complicações pulmonares em cirurgias abdominais altas em metade dos pacientes⁽⁴⁷⁾.

A espirometria está indicada para candidatos à cirurgia abdominal, sintomáticos respiratórios ou portadores de doença pulmonar crônica sem avaliação funcional recente (Tabela 2).

TABELA 2
Indicações para espirometria pré-operatória

- Ressecção pulmonar
- Diagnóstico prévio de doença pulmonar crônica, incluindo asma, ou dados clínicos sugestivos de obstrução crônica ao fluxo aéreo importante*, sem avaliação funcional recente, nos seguintes procedimentos:
 - o Derivação coronariana
 - o Cirurgia abdominal alta
 - o Cirurgia abdominal baixa se o processo cirúrgico é extenso ou prolongado
 - o Outras cirurgias, especialmente de cabeça e pescoço

* Sugerem obstrução ao fluxo aéreo importante um ou mais dos seguintes: tabagismo, especialmente > 30 anos-maço, diminuição do som vesicular, sibilos e PFE < 200L/min.

Para cirurgias abdominais altas o risco de complicações pulmonares pós-operatórias pode ser avaliado pela Tabela proposta por Eanes Pereira *et al.* (Tabela 3)⁽⁴⁸⁾.

Outra escala largamente utilizada é a proposta por Torrington e Henderson⁽⁴⁹⁾, que associa dados obtidos da história e exame físico dos pacientes com resultados espirométricos. A escala é mostrada abaixo.

TABELA 3
Risco de complicações pulmonares no pós-operatório
de cirurgia abdominal alta (Pereira ED, 1999, ref. 48)

Grupos	Pneumopatia ou VEF ₁ /CVF < 70%	Doença clínica associada*	Tempo cirúrgico > 210 minutos	Risco (%)
1	Não	Não	Não	14-19
2	Não	Sim	Não	21-25
3	Não	Não	Sim	20-25
4	Sim	Não	Não	27-28
5	Não	Sim	Sim	28-32
6	Sim	Sim	Não	35-37
7	Sim	Não	Sim	36-36
8	Sim	Sim	Sim	45-47

* Hipertensão arterial sistêmica, diabetes mellitus e cardiopatia de qualquer natureza.

TABELA 4
Escala de Torrington e Henderson para risco cirúrgico⁽⁴⁹⁾

A) Espirometria: 0-4 pontos	
CVF < 50% previsto	1 ponto
VEF ₁ /CVF entre 65%-75%	1 ponto
VEF ₁ /CVF entre 50%-64%	2 pontos
VEF ₁ /CVF < 50%	3 pontos
B) Idade > 65 anos	1 ponto
C) Obesidade mórbida (Peso > 150% do ideal)	1 ponto
D) Local da cirurgia	
Torácica	2 pontos
Abdominal alta	2 pontos
Outros	1 ponto
E) História pulmonar	
Tabagismo nos últimos 2 meses	1 ponto
Sintomas respiratórios	1 ponto
Doença pulmonar	1 ponto

O risco é estimado em: baixo (0-3 pontos) com taxa de complicações de 6% e mortalidade de 2%; moderado (4-6 pontos) com taxa de complicações de 23% e mortalidade de 6%; alto (≥ 7 pontos) com taxa de complicações de 35% e mortalidade de 12%.

9.2. Cirurgia cardíaca

O valor preditivo da espirometria para complicações em cirurgia de derivação coronariana é variável, alguns estudos mostrando aumento do risco e outros não. Embora existam dados sugerindo que doença pulmonar grave aumenta o risco de complicações, a maioria dos pacientes com DPOC tolera bem a cirurgia⁽³⁴⁾.

9.3. Cirurgias periféricas

Incluem todas as cirurgias cuja incisão operatória não permita acesso à cavidade torácica ou abdominal. A incidência de complicações pulmonares pós-operatórias neste tipo de cirurgia é muito baixa, em torno de 2%⁽⁵⁰⁾. Por este motivo não se recomenda a realização de espirometria de rotina no pré-operatório das mesmas⁽³⁹⁾.

Embora a cirurgia de cabeça e pescoço seja do tipo periférico, a incidência de complicação pulmonar nos pós-operatório é elevada, em torno de 20%. Muitos pacientes candidatos a este tipo de cirurgia são fumantes e portadores de DPOC e têm maior risco de aspiração.

9.4. Cirurgia torácica com ressecção pulmonar

Embora avanços nas técnicas cirúrgicas, na anestesia, e cuidados pós-operatórios tenham melhorado o curso pós-operatório para pacientes submetidos à cirurgia de ressecção pulmonar, os candidatos a este procedimento continuam a enfrentar um risco significativo para complicações e morte. A mortalidade situa-se em torno de 5% e se associa com a extensão da ressecção; a mortalidade associada à pneumonectomia é o dobro daquela observada em lobectomias.

O objetivo inicial da avaliação para ressecção pré-operatória é determinar o risco para complicações respiratórias e mortalidade com base na função pré-operatória dos pacientes e função estimada pós-ressecção. A maioria dos estudos feitos neste sentido referem-se ao câncer de pulmão, porém os dados provavelmente se aplicam a ressecções pulmonares para outras indicações, como bronquiectasias.

Fatores de risco aceitos para complicações pós-operatórias são mostradas na Tabela abaixo.

TABELA 5
Fatores de risco para complicações pulmonares
pós-operatórias em ressecção pulmonar⁽⁵¹⁾

<ul style="list-style-type: none"> • PaCO₂ > 45mmHg • Idade > 70 anos • Extensão grande de ressecção • VEF₁ previsto pós-operatório baixo • DCO previsto pós-operatório baixo • Desempenho de exercício ruim
--

A espirometria é um exame pré-operatório considerado de rotina em todo candidato a ressecção pulmonar. Além dos valores de função pulmonar deve-se considerar a extensão radiológica da doença e a magnitude da ressecção proposta.

Vários estudos investigaram o valor preditivo do VEF₁ para mortalidade e complicações pulmonares após ressecção pulmonar. Estes estudos sugerem fortemente que o VEF₁ pré-operatório e previsto pós-operatório são inversamente correlacionados com a mortalidade e complicações pulmonares significativas no pós-operatório. O VEF₁ é referido em alguns estudos em valores absolutos e em outros como uma percentagem do previsto. O VEF₁ em percentagem do previsto é uma medida mais útil porque leva em conta a variabilidade do tamanho e o sexo dos pacientes sendo avaliados para ressecção pulmonar.

As determinações dos valores de corte do VEF₁ associadas com morbidade tida como aceitável são baseadas em estudos com metodologias diversas⁽⁵²⁾. O determinante mais importante do valor de corte para o VEF₁ é extensão da ressecção planejada. Mudanças na função pulmonar após ressecção pulmonar foram relatadas por vários grupos e podem ser assim sumarizadas: para lobectomia, perda de 8 a 15% no VEF₁; pneumonectomia perda entre 25 e 35%.

Para pacientes submetidos a pneumonectomia, baixa mortalidade e baixas taxas de complicações pulmonares têm sido associadas com valores de VEF₁ acima de 2L ou 80% do previsto. Para pacientes submetidos à lobectomia, valores de corte do VEF₁ pré-operatórios variam de 1 a 1,5L (40-60% do previsto). Pacientes com valores de VEF₁ acima destes, usualmente, não necessitam outros testes funcionais pré-operatórios. Para outros, testes adicionais são requeridos, dirigidos para obter uma estimativa mais acurada da função pulmonar pós-operatória.

ESTIMATIVA FUNCIONAL PÓS-OPERATÓRIA

Pacientes com função normal toleram ressecções de até um pulmão inteiro e podem, com certas restrições, levar uma vida normal após a cirurgia. Os candidatos à ressecção pulmonar são freqüentemente pacientes com câncer causado pelo tabagismo, o qual também leva a DPOC. Tais pacientes, portanto, estão sob maior risco no período pós-operatório e também têm maiores chances de incapacidade permanente após ressecção extensa do tecido pulmonar. Se a extensão da ressecção planejada e a reserva funcional pré-operatória são conhecidas, pode ser feita uma predição para a função pós-operatória, que é importante para a avaliação do risco cirúrgico. Isto torna necessário medir-se a contribuição relativa do parênquima a ser ressecado em relação à função pulmonar total. Um exemplo simples é o paciente portador de pulmão excluído, que será submetido a pneumonectomia cirúrgica

deste pulmão e que apresenta VEF₁ de 1,0L. Se o pulmão a ser retirado tivesse função normal, tal intervenção não seria possível. Como o pulmão já não tem nenhuma função o VEF₁ espelha somente a função do pulmão remanescente.

VÁRIOS MÉTODOS PARA ESTIMAR A FUNÇÃO PREVISTA PÓS-OPERATÓRIA (PPO) FORAM PROPOSTOS.

1) *Cálculo de segmentos funcionantes* – A estimativa da função pulmonar pós-operatória se baseia na hipótese de que cada segmento de pulmão ressecado contribui para uma percentagem fixa da função pulmonar. Várias abordagens foram propostas, desde simples formas matemáticas até técnicas sofisticadas de medicina nuclear. Juhl e Frost⁽⁵³⁾ compararam a função pulmonar pré e pós-operatória e sugeriram que cada segmento pulmonar ressecado reduziria a função pulmonar em 5,26%. Para levar em conta os segmentos que eram doentes e não contribuíam para a troca gasosa, modificações nesta abordagem foram propostas e advogadas nas diretrizes publicadas pela *British Thoracic Society*⁽⁵⁴⁾, na qual o VEF₁ estimado é calculado pela seguinte fórmula: VEF₁ estimado pós-operatório = VEF₁ pré-operatório x [(19 – a) – b]/19 – a, onde a e b são número de segmentos obstruídos e não obstruídos, respectivamente, a serem ressecados. Esta diretriz sugere que um VEF₁ estimado pós-operatório > 40% seja o limiar de risco médio para complicação após ressecção pulmonar⁽⁵⁵⁾.

Em nosso meio, Dias *et al.*⁽⁵⁵⁾ sugeriram uma avaliação para se prever o VEF₁ pós-operatório com metodologia semelhante, com os seguintes passos:

1. Ver VEF₁ pré-operatório;
2. Avaliar o número de segmentos funcionante, de ambos os pulmões, no pré-operatório;
3. Estimar, conforme a cirurgia programada, o número de segmentos funcionantes que serão ressecados (não se consideram segmentos não-funcionantes ressecados) e, por subtração, determina-se o número de segmentos funcionantes, em ambos os pulmões, no pós-operatório.
4. Calcular o VEF₁ no pós-operatório por regra de três:

$$\text{VEF}_1 \text{ pós-op} = \frac{\text{VEF}_1 \text{ no pré-op} \times \text{número de segmentos funcionantes no pós-op}}{\text{Número de segmentos funcionantes no pré-op}}$$

Transforma-se após o VEF₁ pós-operatório em percentagem do previsto.

Considera-se como normal presença de 10 segmentos à direita e nove à esquerda, perfazendo o total de 19 segmentos.

2) Vários centros utilizam o *mapeamento de perfusão quantitativo* para predizer a função pulmonar residual após a ressecção em pacientes selecionados⁽⁵⁶⁻⁶⁰⁾.

A fórmula para calcular um valor de ppo baseado em estudos de perfusão é, como proposto por Olsen⁽⁶⁰⁾: $\text{ppo} = \text{valor pré-operatório} \times (1 - \text{contribuição do parênquima a ser ressecado})$. Considera-se que um valor mínimo de $\text{VEF}_1\text{-ppo} > 30\%$ deva ser respeitado para a manutenção da indicação cirúrgica. As contagens para cada lobo e cada pulmão são codificadas e a percentagem esperada da função pulmonar é calculada e multiplicada pelos valores de VEF_1 pré-operatório. Estudos têm demonstrado⁽⁵⁸⁾ que as estimativas são mais precisas para pneumonectomia do que para lobectomia. Embora as correlações obtidas sejam boas, o VEF_1 pós-operatório tende a ser 250 a 400ml maior do que o estimado por este método, de modo que se deve somar 0,25L ao valor do VEF_1 estimado.

3) *Medidas dos gases sanguíneos arteriais* por gasometria ou oximetria são recomendadas na avaliação pré-operatória de candidatos à ressecção pulmonar, embora valores de corte relacionados a complicações e mortalidade não tenham sido estabelecidos para os PaO_2 – valores entre 45 a 60mmHg são sugeridos por alguns autores⁽⁵²⁾. Por outro lado existe concordância que a $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$ representa alto risco para ressecções pulmonares, embora este parâmetro isoladamente não deva excluir pacientes da cirurgia. Nestes casos deve-se demonstrar que a capacidade de exercício permite a cirurgia.

4) *A medida da difusão do CO se correlaciona com morbidade após ressecção pulmonar*⁽⁵⁹⁾. A DCO como um parâmetro isolado, contudo, não ganhou muita importância até o surgimento de estudos de função em separado permitindo a estimativa da DCO prevista pós-operatório.

Usando a mesma fórmula acima descrita pode-se estimar a DCOppo e o $\text{VO}_{2\text{máx-ppo}}$. Um valor mínimo de DCOppo de 40% do previsto tem sido sugerido. O VEF_1ppo e a DCOppo em percentagem do previsto isoladamente e em combinação são bons indicadores para complicações pós-operatórias⁽⁶¹⁾. A DCO e o VEF_1 previstos no pós-operatório são multiplicados e valores abaixo de 1.650 se associam com alto risco de mortalidade cirúrgica.

5) *Testes de exercício* – Todos os parâmetros discutidos acima olham para aspectos específicos da reserva funcional. Um parâmetro que englobasse todos os outros seria interessante. A este respeito, o teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) parece ideal porque avalia o desempenho do paciente, que é um equivalente da reserva cardiopulmonar. Durante o exercício, o consumo de O_2 , a produção de CO_2 , e o débito cardíaco aumentam e o nível de trabalho alcançado reflete quanto os pulmões, o coração e a vasculatura interagem para liberar o O_2 aos tecidos. O stress do exercício simula, em certa extensão a situação de uma toracotomia com ressecção pulmonar.

Diversos testes foram sugeridos para avaliação da capacidade de exercício:

a) *TESTES DE DESEMPENHO MÍNIMO* – o princípio é declarar um indivíduo apto para uma certa extensão de ressecção se um desempenho mínimo for alcançado. Testes tais como subir escadas ou de caminhada de 6 a 12 minutos têm a vantagem de ser simples e baratos. Muitos destes testes são mal padronizados e permitem mais a identificação de pacientes de baixo risco do que a estratificação exata do risco em pacientes comprometidos. A falta de monitorização cardíaca adequada é uma desvantagem adicional e o tipo exato de limitação (cardíaca ou pulmonar) não pode ser detectado de maneira confiável.

Na ausência de equipamento sofisticado, tais testes são aceitáveis para selecionar pacientes aptos para ressecção. Em pacientes limítrofes, contudo, estudos de exercício mais elaborados são necessários. Com base em diversos estudos⁽⁶⁰⁾, pode-se concluir que, se o paciente consegue subir 3 ou mais lances de escada, terá um risco aceitável para lobectomia e 5 ou mais lances de escada, risco aceitável para pneumonectomia. Alguns autores sugeriram o número de degraus (44 degraus) como ponto-de-corte. Mais recentemente foi sugerido que se o paciente subir 14 metros ou mais em escada (para considerar a altura do degrau), o risco de complicações é baixo; se subir 12 metros ou menos a taxa de complicações é de 50%⁽⁶²⁾. Neste estudo o teste do degrau teve maior valor preditivo para complicações pós-operatórias do que os valores espirométricos.

b) *TESTES SUBMÁXIMOS* – usam uma carga constante. Foram pouco explorados em avaliação pré-operatória.

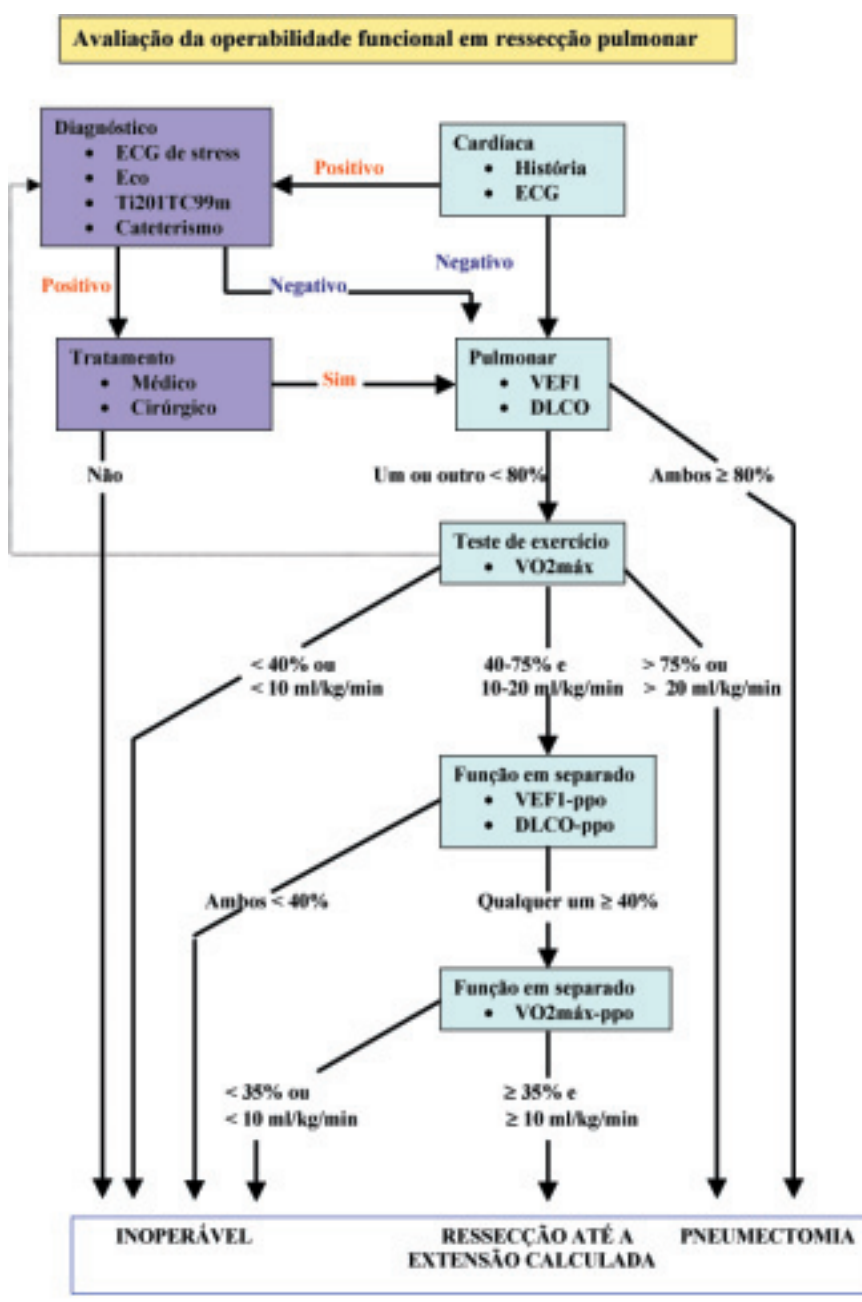
c) *TESTES MÁXIMOS*^(40,60) – O paciente se exercita até a exaustão ou até que dispnéia ou fadiga nas pernas impeçam a continuação do teste. O maior consumo de O_2 é chamado $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ou pico de VO_2 . Em geral se aceita que um VO_2 pré-operatório $> 20\text{ml/kg/min}$ é seguro para qualquer ressecção, incluindo pneumonectomia, e um valor abaixo de 10ml/kg/min é considerado preditivo de alta taxa de complicações, não importando a extensão da ressecção. Por analogia com os testes de função pulmonar, valores de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ deveriam ser expressos em percentagem do previsto. Em conclusão, o teste máximo de exercício tem a vantagem de ser bem padronizado e reprodutível. O equipamento está sendo cada vez mais disponível no país, o teste é não invasivo e o valor do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em prever complicações perioperatórias é claramente estabelecido.

Devido a que a ressecção do pulmão doente até uma pneumonectomia raramente resulta em perda funcional acima de 50% e que valores pós-operatórios acima de 40% para o VEF_1 e a DCO são seguros, o algoritmo permite ressecções até uma pneumonectomia sem qualquer outro teste se o VEF_1 e a DCO são 80% ou maiores do que o valor previsto. Se o VEF_1 ou a DCO estão abaixo do 80%

do previsto, teste de exercício com a medida do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ é realizado. Se o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ é maior do que 75% do previsto ou maior do que 20ml/kg/min, os pacientes são qualificados para ressecção até uma pneumonectomia; se for menor que 40% do previsto, ou 10ml/kg/min, eles são inoperáveis. Todos os pacientes com $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ entre os valores de corte mencionados deveriam ter avaliação funcional em separado com a ajuda de um mapeamento de

perfusão para determinar a sua função prevista pós-operatória. Primeiro, o $VEF_{1\text{ppo}}$ e a DCO_{ppo} são analisados; se os valores para ambos os parâmetros estão abaixo de 40% do previsto, os pacientes são considerados inoperáveis. Se um ou outro é maior que 40% do previsto, então o $\dot{V}O_{2\text{máxppo}}$ torna-se o fator decisivo. Com um $\dot{V}O_{2\text{máxppo}} < 35\%$ do previsto, ou menor do que 10ml/kg/min, os pacientes são também considerados inoperáveis; pacien-

TABELA 6
Algoritmo para ressecção pulmonar



tes com $\dot{V}O_{2\text{máxpp}}$ > 35% do previsto e > 10ml/kg/min são operáveis até a extensão que foi usada para a predição da função pós-operatória.

Caso teste cardiopulmonar de exercício não seja disponível, os casos limítrofes, como mostrados no algoritmo acima, devem ser submetidos a testes de escada para melhor decisão sobre o risco.

Cirurgia redutora de volume pulmonar (CRVP)

A cirurgia redutora de volume pulmonar resulta em melhora funcional (Tabela 7)⁽⁶³⁾.

TABELA 7
Melhora funcional após cirurgia redutora de volume⁽⁶³⁾

Melhora funcional	Melhora relatada
CVF	15-49% aumento
VEF ₁	20-80% aumento
CPT	15-20% redução
VR	10-30% redução
PaO ₂	10-24mmHg aumento
CAM 6min	20-90% aumento
VO ₂ max	5-30% aumento
Dispneia	50-80% melhora

Na maioria das séries relatadas, apenas 20 a 25% dos pacientes encaminhados para CRVP são bons candidatos. A despeito de numerosos estudos publicados, os critérios de inclusão e exclusão não estão completamente definidos.

Os testes de função pulmonar devem mostrar evidência de obstrução irreversível ao fluxo aéreo com um VEF₁ na faixa de 20 a 35% do previsto, e evidência de hiperinsuflação e aprisionamento de ar devem estar presentes como demonstrado por uma CPT acima de 120% do previsto e VR acima de 200% do previsto e relação VR/CPT elevada (acima de 55-60%). A radiografia de tórax e a TCAR devem demonstrar alterações enfisematosas e hiperinsuflação. Um mapeamento pulmonar de V/Q é usado para quantificar regiões variáveis de perfusão dentro de cada campo pulmonar e, em conjunto com a TCAR, é usado para identificar regiões pulmonares com enfisema grave que poderiam ser usadas como alvo para a ressecção pulmonar. O paciente deve ser avaliado funcionalmente por pletismografia e, com medidas da resistência inspiratória das vias aéreas e volumes pulmonares, além da difusão de CO e espirometria. Resistência inspiratória elevada (acima de 10cmH₂O/L/s) sugere doença intrínseca das vias aéreas acentuada e prediz insucesso cirúrgico⁽⁶⁴⁾. A relação VR/CPT elevada (55-60%) é o melhor teste preditivo para resposta⁽⁶⁵⁾, porque expressa o espaço ocupado pelo pulmão hiperinsuflado em relação à caixa

torácica. Vários estudos demonstraram que uma DCO abaixo de 20-25% contra-indica a cirurgia. DCO muito baixa se associa com extenso enfisema e alto risco cirúrgico^(66,67).

Bulectomia – Com base na presunção de que a melhora depende do alívio do pulmão normal comprimido, a maioria dos investigadores selecionou os candidatos cirúrgicos ótimos com base nos achados funcionais e de imagem. A(s) bolha(s) devem ocupar mais de metade de um pulmão. O candidato ideal deve ter < 50 anos, ter dispnéia importante, apesar do tratamento, e não ter hipersecreção de muco acentuada. A CVF deve ser reduzida e a diferença entre a CRF medida por pletismografia e técnicas dilucionais acima de 1L (demonstrando que a lesão ocupa espaço) e DCO/VA preservada (demonstrando que o restante do parênquima tem pouco ou nenhum enfisema)⁽⁶⁸⁾.

REFERÊNCIAS

1. Crapo RO. Pulmonary-function testing. *N Engl J Med* 1994;331:25-30.
2. Miller A. Applications of pulmonary function tests. In: _____. Pulmonary function tests in clinical and occupational lung disease. Orlando: Grune & Stratton, 1986;3-11.
3. Gottschall CAM. Função pulmonar e espirometria. *J Pneumol* 1980; 6:107-20.
4. Stover DE, Greeno RA, Gagliardi AJ. The use of a simple exercise test for the diagnosis of *Pneumocystis carinii* pneumonia in patients with AIDS. *Am Rev Respir Dis* 1989;139:1343-6.
5. Wagner PD, Gale GE. Ventilation-perfusion relationship. In: Lenfant C, Whipp BJ, Wasserman K, editors. Exercise: pulmonary physiology and pathophysiology. NY: Dekker M, 1991;121-42.
6. Badgett RG, Tanaka DJ, Hunt DK, Jelley MJ, Feinberg LE, Steiner JF, Petty TL. Can moderate chronic obstructive pulmonary disease be diagnosed by historical and physical findings alone? *Am J Med* 1993; 94:188-96.
7. Badgett RG, Tanaka DJ, Hunt DK, Jelley MJ, Feinberg LE, Steiner JF, Petty TL. The clinical evaluation for diagnosing obstructive airways disease in high-risk patients. *Chest* 1994;106:1427-31.
8. Holleman DR Jr, Simel DL. Does the clinical examination predict airflow limitation? *JAMA* 1995;273:313-9. Erratum in: *JAMA* 1995; 273:1334.
9. Anthonisen NR, Connett JE, Kiley JP, Altose MD, Bailey WC, Buist AS, Conway WA Jr, Enright PL, Kanner RE, O'Hara P, et al. Effects of smoking intervention and the use of an inhaled anticholinergic bronchodilator on the rate of decline of FEV₁. The Lung Health Study. *JAMA* 1994 16;272:1497-505.
10. Kerstjens HA, Rijcken B, Schouten JP, Postma DS. Decline of FEV₁ by age and smoking status: facts, figures, and fallacies. *Thorax* 1997; 52:820-7.
11. Ferguson GT, Enright PL, Buist AS, et al. Office spirometry for lung health assessment in adults: a consensus statement from the National Lung Health Education Program. *Chest* 2000;117:1146-61.
12. Zielenski J, Bednarek M. Early detection of COPD in a high-risk population using spirometric screening. *Chest* 2001;119:731-6.
13. McFadden ER, Kiser R, DeGroot WJ. Acute bronchial asthma: relations between clinical and physiologic manifestations. *N Engl J Med* 1973;288:221-5.
14. Emerman CL, Cydulka RK. Effect of pulmonary function testing on the management of acute asthma. *Arch Intern Med* 1995;155:2225-8.

15. Enright PL, Lebowitz MD, Cockcroft DW. Physiologic measures: pulmonary function tests. Asthma outcome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:S9-18.
16. Jones KP. The role of measuring forced expiratory volume in one second in determining therapeutic changes made in an asthma clinic in general practice. *Respir Med* 1995;89:171-4.
17. Traver GA, Cline MG, Burrows SB. Predictors of mortality in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:895-902.
18. Burrows B. Course and prognosis in COPD. In: Hodgkin JE, Petty TL, editors. *Chronic obstructive pulmonary disease. Current concepts*. Philadelphia: WB Saunders, 1987;268-78.
19. Mahler DA. editor. *Dyspnea*. NY: Futura, 1990;1-271.
20. Watters LC, King TE, Schwarz MI, et al. A clinical radiologic, and physiologic scoring system for the longitudinal assessment of patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *Am Rev Respir Dis* 1986;133:97-103.
21. Pratt MR, Curley FJ, Duboris J, et al. Cause and evaluation of chronic dyspnea in a pulmonary disease clinic. *Arch Intern Med* 1989;149:2277-82.
22. De Paso WJ, Winterbauer RH, Lusk JA, et al. Chronic dyspnea unexplained by history, physical examination, chest roentgenogram, and spirometry. *Chest* 1991;100:1293-9.
23. Bersácola SH, Pereira CAC, Silva RCC et al. Dispneia crônica de causa indeterminada: Avaliação de um protocolo de investigação em 90 pacientes. *J Pneumol* 1998;24:283-97.
24. Siafakas NM, Vermeire P, Pride NB, et al. Optimal assessment and management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Eur Respir J* 1995;8:1398-1420.
25. American Thoracic Society. Idiopathic pulmonary fibrosis: diagnosis and treatment. International Consensus Statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:646-64.
26. Townsend MC. ACOEM Position Statement. Spirometry in the occupational setting. *J Occup Environ Med* 2000;42:228-45.
27. Ribeiro M, Silva RCC, Pereira CAC. Diagnóstico de asma: comparação entre o teste de broncoprovocação e a variabilidade do pico de fluxo expiratório. *J Pneumol* 1995;21:217-24.
28. American Thoracic Society. Guidelines for the evaluation of impairment/disability in patients with asthma. *Am Rev Respir Dis* 1993;147:1056-61.
29. Cotes JE. Rating respiratory disability: a respost on behalf of a working group of the European Society for Clinical Respiratory Physiology. *Eur Respir J* 1990;3:1074-6.
30. Becklake MR, Rodarte JR, Kaliner AR. NHLBI workshop summary - scientific issues in the assessment of respiratory impairment. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:1505-10.
31. Nery LE, Neder JA, Bagatin E. Avaliação da disfunção e da incapacidade secundária a pneumopatias ocupacionais. *J Pneumol* 1994;20:182-93.
32. Chan-Yeung M. Evaluation of impairment/disability in patients with occupational asthma. *Am Rev Respir Dis* 1987;135:950-1.
33. Smetana GW. Preoperative pulmonary evaluation. *N Engl J Med* 1999;340:937-44.
34. Powell CA, Caplan CE. Pulmonary function tests in preoperative pulmonary evaluation. *Clin Chest Med* 2001;22:703-14.
35. Stein M, Cassar EL. Preoperative pulmonary evaluation and therapy for surgery patients. *JAMA* 1970;211:787-90.
36. Celli BR. What is the value of preoperative pulmonary function testing? *Med Clin North Am* 1993;77:309-25.
37. Wait J. Preoperative pulmonary evaluation. *Am J Med Sci* 1995;310:118-25.
38. Warner DO, Warner MA, Barnes RD, et al. Perioperative respiratory complications in patients with asthma. *Anesthesiology* 1996;82:460-7.
39. Zibrak JD, O'Donnel CR. Indications for preoperative pulmonary function testing. *Clin Chest Med* 1993;14:227-36.
40. Wyser C, Stulz P, Solei M, et al. Prospective evaluation of an algorithm for the functional assessment of lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:1450-6.
41. Faresin SM, Barros JA, Beppu OS, et al. Quem deve realizar a espirometria durante a avaliação pulmonar pré-operatória? *A Folha Médica/UNIFESP* 1998;116:85-90.
42. Kroenke K, Lawrence VA, Theroux JF, Tuley MR, Hilsenbeck S. Post-operative complications after thoracic and major abdominal surgery in patients with and without obstructive lung disease. *Chest* 1993;104:1445-51.
43. Lawrence VA, Dhanda R, Hilsenbeck SG, Page CP. Risk of pulmonary complications after elective abdominal surgery. *Chest* 1996;110:744-50.
44. Barisione G, Rovida S, Gazzaniga GM, Fontana L. Upper abdominal surgery: does a lung function test exist to predict early severe postoperative respiratory complications? *Eur Respir J* 1997;10:1301-8.
45. Pereira ED, Faresin SM, Fernandes AL. Morbidade respiratória em pacientes com e sem síndrome pulmonar obstrutiva após cirurgia abdominal superior. *Rev Assoc Med Bras* 2000;46:15-22.
46. Fuso L, Cisternino L, Di Napoli A, et al. Role of spirometry and arterial gas data in predicting pulmonary complications after abdominal surgery. *Resp Med* 2000;94:1171-6.
47. Barros JA. Avaliação pulmonar pré-operatória em candidatos à cirurgia geral eletiva. São Paulo 1994 (Tese Mestrado – Escola Paulista de Medicina).
48. Pereira ED, Fernandes AL, da Silva Ancaio M, de Araujo Pereres C, Atallah AN, Faresin SM. Prospective assessment of the risk of postoperative pulmonary complications in patients submitted to upper abdominal surgery. *Sao Paulo Med J* 1999;117:151-60.
49. Torrington KG, Henderson CJ. Perioperative respiratory therapy (PORT). A program of preoperative risk assessment and individualized postoperative care. *Chest* 1988;93:946-51.
50. Wightman JA. A prospective survey of the incidence of postoperative pulmonary complications. *Br J Surg* 1968;55:85-91.
51. Reilly JJ Jr. Evidence-based preoperative evaluation of candidates for thoracotomy. *Chest* 1999;116(6 Suppl):474S-6S.
52. Powell CA, Caplan CE. Pulmonary function tests in preoperative pulmonary evaluation. *Clin Chest Med* 2001;22:703-14.
53. Juhl B, Frost N. A comparison between measured and calculated changes in the lung function after operation for pulmonary cancer. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl* 1975;57:39-45.
54. British Thoracic Society, Society of Cardiothoracic Surgeons of Great Britain and Ireland Working Party. BTS guidelines: guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. *Thorax* 2001;56:89-108.
55. Dias RM, Chauvet PR, Siqueira HR, Rufino R. Avaliação pré-operatória em pneumologia. In: _____. *Testes de função pulmonar*. Rio de Janeiro: Atheneu, 2001;51-70.
56. Bolliger C, Wyser C, Roser H, et al. Lung scanning and exercise testing for the prediction of postoperative performance in lung resection candidates at increased risk for complication. *Chest* 1995;108:341-8.
57. Molinari JF, Menna Barreto S, Chatkin JM. Determinação da função pulmonar diferencial através da técnica radioisotópica. *J Pneumol* 1991;17:114-8.
58. Giordano A, Calcagni ML, Meduri G, Valente S, Galli G. Perfusion lung scintigraphy for the prediction of postlobectomy residual pulmonary function. *Chest* 1997;111:1542-7.
59. Schuurmans MM, Diacon AH, Bolliger CT. Functional evaluation before lung resection. *Clin Chest Med* 2002;23:159-72.
60. Olsen GN, Block AJ, Swenson EW, Castle JR, Wynne JW. Pulmonary function evaluation of the lung resection candidate: a prospective study. *Am Rev Respir Dis* 1975;111:379-87.

61. Pierce RJ, Copland JM, Sharpe K, Barter CE. Preoperative risk evaluation for lung cancer resection: predicted postoperative product as a predictor of surgical mortality. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:947-55.
62. Brunelli A, Al Refai M, Monteverde M, Borri A, Salati M, Fianchini A. Stair climbing test predicts cardiopulmonary complications after lung resection. *Chest* 2002;121:1106-10.
63. Cordova FC, Criner GJ. Surgery for chronic obstructive pulmonary disease: the place for lung volume reduction and transplantation. *Curr Opin Pulm Med* 2001;7:93-104.
64. Ingenito EP, Evans RB, Loring SH, Kaczka DW, Rodenhouse JD, Body SC, Sugarbaker DJ, Mentzer SJ, DeCamp MM, Reilly JJ Jr. Relation between preoperative inspiratory lung resistance and the outcome of lung-volume-reduction surgery for emphysema. *N Engl J Med* 1998;338:1181-5.
65. Thurnheer R, Engel H, Weder W, Stammberger U, Laube I, Russi EW, Bloch KE. Role of lung perfusion scintigraphy in relation to chest computed tomography and pulmonary function in the evaluation of candidates for lung volume reduction surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:301-10.
66. Keenan RJ, Landreneau RJ, Sciruba FC, Ferson PF, Holbert JM, Brown ML, Fetterman LS, Bowers CM. Unilateral thoracoscopic surgical approach for diffuse emphysema. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;111:308-15.
67. National Emphysema Treatment Trial Research Group. Patients at high risk of death after lung-volume-reduction surgery. *N Engl J Med* 2001;345:1075-83.
68. Martinez FJ. Surgical therapy in COPD. In: Hodgkin JE, Celli BR, Connors GL. *Pulmonary rehabilitation*. 3th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000;415-51.

13. HIGIENE E PREVENÇÃO DE INFECÇÃO

Embora o risco de transmissão do HIV tenha elevado as preocupações com o controle de infecção na espirometria, outras condições têm risco muito maior de transmissão pelos testes de função pulmonar, como hepatite B, tuberculose e varicela. Não existem evidências clínicas de que o HIV possa ser transmitido através do ar expirado. Já a saliva pode transmitir o vírus da hepatite B e suspensões de gotículas contendo bacilos da tuberculose podem permanecer infecciosas por horas. Além disso, patógenos residentes dentro do trato superior de indivíduos normais, como *H. influenzae*, *B. catarrhalis* e *P. aeruginosa*, poderiam infectar pacientes imunossuprimidos. A quase totalidade das peças bucais é contaminada durante os testes espirométricos, e 50% dos tubos proximais; contaminação no interior de espirômetros de volume não ocorre⁽¹⁾. Os espirômetros de fluxo são menos suscetíveis à contaminação bacteriana em comparação com os espirômetros de água⁽²⁾. Estes dados sugerem que a desinfecção das peças bucais e das tubulações entre os testes de pacientes pode ser suficiente para controle de transmissão da doença dos testes de função pulmonar.

A prevenção da transmissão nosocomial de patógenos dos equipamentos usados para medida dos volumes pulmonares pode, teoricamente, ser conseguida por um número de abordagens diferentes: todas as superfícies de

equipamentos em contato com os gases expirados podem ser desinfetadas após testes de cada paciente; apenas material descartável pode ser usado; ou um filtro efetivo em apanhar patógenos pode ser colocado entre o paciente e o equipamento.

Cada uma destas estratégias tem limitações. A desinfecção de todas as superfícies de equipamentos expostas ao ar expirado é difícil para alguns componentes usados para medir os volumes pulmonares, e não é economicamente viável, de modo que em geral se troca a peça bucal e a tubulação entre cada teste.

Filtros com capacidade para reter 100% dos vírus e bactérias é o método ideal. Contudo, a resistência deste tipo de filtro é muito elevada, o que afeta de maneira significativa os resultados dos testes. Com filtros usuais os volumes e fluxos caem significativamente em crianças⁽³⁾ e adultos. A redução é de 2-4% para a CVF e VEF₁ e 6% para o PFE. A relevância clínica é discutível na rotina, mas em pesquisas os procedimentos devem ser uniformizados, especialmente em estudos multicêntricos. O uso destes filtros não afeta a classificação espirométrica.

Os filtros reduzem a carga bacteriana de 70 a 100%, mas o impacto sobre o risco de doença transmissível é desconhecido.

Regras gerais para controle de infecção

Luvas descartáveis devem ser usadas quando da manipulação de peças bucais, quando da limpeza de equipamento exposto à saliva e escarro, e especialmente quando sangue for retirado. A equipe do laboratório deve lavar as mãos antes de testar cada paciente. PPD deve ser feito periodicamente no pessoal do laboratório.

Administração de vacina de hepatite B deve ser feita para o pessoal do laboratório se clinicamente indicada. Quando testes em pacientes com doenças comunicáveis de alto risco (ex. tuberculose, estafilococo multidroga-resistente) forem pedidos:

- A necessidade clínica de tais testes deve justificar os riscos;
- Máscaras respiratórias apropriadas devem ser usadas pelo pessoal do laboratório;
- Superfícies acessíveis internas e externas do equipamento exposto ao ar expirado devem ser lavadas e desinfetadas antes de testar novos pacientes.

Desinfecção deve idealmente ser realizada por esterilização com calor; esterilização líquida ou com gás pode ser usada se o equipamento é bem limpo inicialmente (nenhuma gotícula de saliva ou escarro permanece).

Até que melhor evidência seja disponível, recomenda-se um filtro de barreira para proteger todo o equipamento em contato com o ar expirado dos pacientes, a menos que o equipamento seja esterilizado ou substituído entre os testes.

A resistência do filtro deve ser baixa ($< 1,5\text{cmH}_2\text{O}^{-1}$) e o impacto de tal filtro deve ser avaliado sobre as medidas funcionais.

Idealmente, peças bucais, tubulações, válvulas e outros equipamentos do lado do paciente de um filtro devem ser fisicamente limpos e esterilizados (ou descartados e substituídos) entre os pacientes. A desinfecção pode ser feita pela imersão do material por 30 minutos em um desinfetante de alto nível, tal como glutaraldeído a 2% ou formaldeído a 8%. Nos sistemas fechados os tubos corrugados devem ser trocados ou descontaminados entre cada paciente. Em sistemas abertos, em que apenas se expira no equipamento, somente a troca de tubete é necessária se indivíduos imunocompetentes são testados.

Nos espirômetros de volume, “lavagem” com ar ambiente deve ser feita entre os pacientes, por pelo menos

5 vezes, na faixa inteira de volume, para facilitar a depuração de aerossóis. A água dos espirômetros de campânula deve ser trocada semanalmente. A campânula e o corpo do espirômetro devem ser lavados e desinfetados a cada 1-2 meses. Pneumotacógrafos devem ser desmontados e lavados ao final de cada dia de uso.

REFERÊNCIAS

1. Clausen JL. Lung volume equipment and infection control. ERS/ATS Workshop Report Series. European Respiratory Society/American Thoracic Society. *Eur Respir J* 1997;10:1928-32.
2. Burgos F, Martinez C, Torres A, Gonzales J, Bellacasa JP, Roca J, Anta MTJ, Roisin RR. Assessment of bacterial colonization of lung function equipment (preliminary results). *Am Rev Respir Dis* 1993;147(Supl): A400 (abstract).
3. Kamps AW, Vermeer K, Roorda RJ, Brand PL. Effect of bacterial filters on spirometry measurements. *Arch Dis Child* 2001;85:346-7.