

Espirometria na prática médica

Spirometry in medical practice

RESUMO

A avaliação da função pulmonar é indispensável à rotina assistencial da saúde, especializada ou não, sendo a espirometria o teste utilizado com maior frequência. Tem grande importância, principalmente, para a avaliação de pacientes com DPOC, asma, infiltrações pulmonares difusas e outras doenças respiratórias, de risco operatório e ocupacional. Portanto, a espirometria deve ser um exame sempre disponível, assim como os conhecimentos e treinamento deste setor aos interessados. O objetivo deste artigo é a revisão dos conhecimentos essenciais, para o clínico e o cirurgião, que os auxiliem no entendimento dos principais testes de função pulmonar.

UNITERMOS: Espirometria, Testes de Função Pulmonar.

ABSTRACT

Pulmonary function testing is indispensable to routine health caring, specialized or not, being spirometry the most valuable test. It has great importance for assessment of patients with COPD, asthma, interstitial lung diseases and other respiratory diseases, preoperative and occupational risk. Therefore spirometry, knowledge and training should be always available to interested people. The aim of this article is to review the fundamentals for clinicians and surgeons to help them about understanding of the main pulmonary function tests.

KEY WORDS: *Spirometry, Pulmonary Function Tests.*

LUIZ CARLOS CORRÊA DA SILVA – Diretor do Laboratório de Função Pulmonar do Pavilhão Pereira Filho, da Santa Casa de Porto Alegre. Professor de Pneumologia: FFFCMPA, UFRGS e UPF. Diretor Científico da AMRIGS. Título de Especialista pela SBPT.

ADALBERTO SPERB RUBIN – Médico do Pavilhão Pereira Filho (PPF), associado ao Laboratório de Função Pulmonar. Doutor em Pneumologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

LUCIANO MÜLLER CORRÊA DA SILVA – Médico do PPF, associado ao Lab. Função Pulmonar. Mestre em Pneumologia (UFRGS). Título de Especialista pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT).

JULIANA CARDOZO FERNANDES – Médica agregada ao Laboratório de Função Pulmonar do PPF, ex-residente do PPF, Mestranda do PPG em Pneumologia (UFRGS).

*Trabalho realizado no Laboratório de Função Pulmonar do Pavilhão Pereira Filho, Serviço de Pneumologia e Cirurgia Torácica do Complexo Hospitalar da Santa Casa de Porto Alegre. Disciplinas de Pneumologia da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFFCMPA) e da Faculdade de Medicina da Universidade de Passo Fundo (UPF). Programa de Pós-Graduação (PPG) em Medicina: Pneumologia da UFRGS.

✉ Endereço para correspondência:

Luiz Carlos Corrêa da Silva
Rua Pedro Ivo 532/302, Bairro Bela Vista
90450-210 – Porto Alegre, RS – Brasil
Tel: (51) 3221-8522 / 3221-3177
✉ lccsilva@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Em 1846, o inglês John Hutchinson construiu o primeiro espirômetro e já fazia mensurações da capacidade vital e associações de seus resultados com situações clínicas. O objetivo inicial era o de avaliação de risco para fins de cálculo atuarial para contratos de seguro de vida. No entanto, os estudos mais importantes de fisiopatologia pulmonar só ocorreram a partir da década de quarenta, com o grande impulso dado por Tiffeneau e Pinelli, que introduziram a medida do volume expiratório forçado no primeiro segundo, o VEF₁. Baldwin, Cournand, Richards, Gaensler, Comroe, West e muitos outros deram suas valiosas contribuições para o melhor entendimento da

fisiopatologia pulmonar. Em 1958, Hyatt e colaboradores introduziram a curva fluxo-volume (1). E, a partir de então, as técnicas e equipamentos evoluíram substancialmente. Surgiram os Laboratórios de Função Pulmonar, que procuraram, através dos novos conhecimentos e técnicas, estabelecer protocolos, e definir normas e padrões de normalidade. As indicações básicas dos testes de função pulmonar passaram a ter critérios melhor definidos, visando a determinar: presença de anormalidades, natureza fisiopatológica dos distúrbios, gravidade de anormalidades funcionais, risco e tolerância a procedimentos diagnósticos e terapêuticos, resultado de tratamentos, e prognóstico.

Conforme a situação e a disponibilidade, uma avaliação clínica só pode

ser considerada satisfatória se forem realizadas determinados testes, que, conforme sua característica, poderão contribuir para: rastreamento, entendimento fisiopatológico, diagnóstico, acompanhamento de tratamento, e possibilitar, principalmente, uma melhor qualidade assistencial. A medida da pressão arterial, as dosagens bioquímicas (glicemia, creatinina, transaminases, etc.), o R-X de tórax, o eletrocardiograma, entre outros, são testes realizados de rotina. No entanto, raramente, solicita-se uma espirometria para avaliação de um paciente, mesmo que ele apresente dispnéia como principal sintoma. Por que isso acontece? Uma

das explicações é a relativa indisponibilidade do teste espirométrico. Outra, é o desconhecimento dos médicos com relação à interpretação dos seus resultados. E, certamente, muitas outras ainda podem ser mencionadas. Mas, a principal é a falta do costume de usar critérios objetivos de mensuração das variáveis funcionais pulmonares e a desinformação vigente sobre testes de função pulmonar, o que dificulta a elaboração de um raciocínio fisiopatológico quando do equacionamento diagnóstico e terapêutico (2). Com o desenvolvimento da medicina respiratória, atualmente, é impossível não incluir os testes de função pulmonar, particularmente a espirometria, na rotina assistencial.

A *quantificação do grau de obstrução brônquica e a resposta aos broncodilatadores* são obrigatórias na assistência dos pacientes asmáticos, enfisematosos e bronquíticos.

A medida dos *volumes pulmonares* faz parte da avaliação de pacientes com enfisema e com infiltrações pulmonares difusas.

A medida da *capacidade de difusão (DCO)* auxilia na avaliação de enfisema e de alterações intersticiais pulmonares difusas.

Os *testes de broncoprovocação (TBP)* têm utilidade na investigação da tosse crônica e na melhor caracterização da asma em casos de mais difícil diagnóstico.

Diversas questões eminentemente clínicas podem ser esclarecidas com o auxílio dos testes de função pulmonar. Origem cardíaca, pulmonar ou outra para explicar a dispnéia do meu paciente? Como explicar e como intervir na tosse crônica do meu paciente? Meu paciente com colagenose tem sua função pulmonar comprometida? Como está a função pulmonar do meu paciente com cifoescoliose?

Os efeitos da exposição a fatores de risco necessitam ser detectados precocemente e, quando necessário, ser monitorados periodicamente. Assim, a função pulmonar deve ser avaliada antes do ingresso em trabalho com exposição a produtos aerodispersíveis e, periodicamente, durante o período de

exposição. Com relação a isso, o Ministério do Trabalho estabeleceu a norma regulamentadora número sete (NR7), tornando compulsória a realização de avaliação clínica, radiológica e espirométrica em trabalhadores expostos, com intervalo máximo de dois anos.

Para o acompanhamento de pacientes em tratamento quimioterápico e/ou radioterápico com potencial de toxicidade pulmonar indica-se avaliação funcional pulmonar antes, durante e após a intervenção.

O prognóstico de algumas pneumopatias, como, por exemplo, a DPOC, pode ser estabelecido conforme o resultado de indicadores funcionais, no caso o VEF_1 . Lembre-se de que indivíduos adultos normais perdem cerca de 25 ml de VEF_1 anualmente, enquanto os portadores de DPOC podem perder até 100 ml/ano. Recentemente, Celli e cols. instituíram o índice BODE como o preditor mais acurado de mortalidade para pacientes com DPOC (3). Esse índice inclui quatro itens muito importantes: B – medido pelo índice de massa corporal ou “body mass index”; O – obstrução, medido pelo VEF_1 ; D – medido pelo grau de dispnéia; E – exercício, avaliado pelo teste da caminhada dos 6 minutos.

Celli, numa analogia com a “fração de ejeção”, medida pela ecocardiografia, criou a expressão “fração de inspiração” (FI) para a relação CI/CPT (capacidade inspiratória/capacidade pulmonar total), observando que a FI é um ótimo preditor da mortalidade por DPOC, independentemente do índice de BODE (4).

Com a evolução dos procedimentos diagnósticos e condutas terapêuticas da pneumologia e da cirurgia torácica, a avaliação funcional pulmonar tornou-se importante aliado na busca das respostas mais efetivas aos questionamentos necessários. Transplante pulmonar, cirurgia redutora de volume pulmonar, uso de *stents* e outros dispositivos nas vias aéreas são procedimentos que exigem testes funcionais pulmonares acurados e realizados com boa qualidade técnica (5).

Os testes funcionais pulmonares são realizados dentro de *padrões téc-*

nicos, tanto no que se refere ao equipamento quanto ao processo de sua realização, sendo prioritárias a compreensão e colaboração do paciente, a técnica de execução padronizada e a freqüente revisão de todo o processo. Os valores obtidos devem ser comparados com valores de normalidade de uma população de referência. Também, deve-se estar atento a dados clínicos e epidemiológicos que auxiliem a interpretação (6, 7). Para haver confiabilidade nos resultados dos testes, devem ser observados os seguintes itens: o equipamento deve ser de boa qualidade; sua calibração deve ser diária e repetida sempre que necessário; o protocolo do laboratório deve seguir os consensos oficiais (6); os técnicos devem ser treinados adequadamente e reavaliados periodicamente; os exames devem ser interpretados por pneumologistas com experiência e dedicação ao setor.

Em face disso tudo, os autores estão trazendo para este periódico informações práticas e de fácil acesso sobre este importante capítulo da pneumologia e da medicina, principalmente para os não-especialistas, de modo que possam utilizar com mais facilidade esses recursos na prática diária. Consideram que a espirometria deva ser um teste simples de ser entendido e de fácil obtenção. Dessa forma, deve fazer parte da rotina assistencial para pacientes pneumológicos ou não. E insistem que, da mesma forma que a medida da pressão arterial e o eletrocardiograma, a medida dos fluxos aéreos e dos volumes pulmonares, através da espirometria, deve estar inserida no contexto básico da avaliação clínica.

SPIROMETRIA

Com a espirometria, basicamente são medidos alguns dos volumes pulmonares, particularmente a capacidade vital, e os fluxos aéreos. Atualmente, utilizam-se equipamentos computadorizados, que fornecem, além dos valores numéricos das variáveis mensuradas, gráficos das curvas volume-

tempo e fluxo-volume (6). A curva volume-tempo auxilia, principalmente, na interpretação de que o tempo de expiração foi adequado. A curva fluxo-volume, além de também auxiliar na verificação da boa técnica do exame, é útil na sua interpretação: tipo de distúrbio – obstrutivo, restritivo, ou misto, e presença ou não de obstrução fixa ou variável das vias aéreas. Analisar uma espirometria sem essas duas curvas é o mesmo que interpretar um eletrocardiograma sem a visualização de todo o traçado.

Resumidamente, pode-se obter uma espirometria com manobra muito simples: inspira-se profundamente até encher plenamente os pulmões (capacidade pulmonar total) e, em uma expiração rápida (não tão brusca como na tosse), sopra-se todo o volume de ar contido nos pulmões até o maior tempo possível (geralmente, não menos que seis segundos). Com essa manobra, obtêm-se os diversos parâmetros necessários, principalmente a capacidade vital forçada (CVF), que é o volume máximo de ar eliminado, e o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁).

Os diversos volumes medidos pelos testes de função pulmonar podem ser observados na Figura 1, sendo descritos a seguir.

– **Capacidade Residual Funcional (CRF)** – volume de ar nos pulmões após uma expiração normal: $CRF = VR + VRE$.

– **Volume Residual (VR)** – volume retido nos pulmões após uma expiração máxima e que, portanto, não pode ser medido pela espirometria simples.

– **Volume de Reserva Expiratória (VRE)** – volume máximo que pode ser expirado após o final de uma expiração normal.

– **Volume Corrente (VC)** – volume expirado ou inspirado durante cada movimento respiratório, em repouso. Seu valor é muito variável, uma vez que depende de total repouso do paciente.

– **Volume de Reserva Inspiratória (VRI)** – volume máximo que pode ser inspirado a partir do final de uma inspiração em repouso.

– **Capacidade Inspiratória (CI)** – volume máximo que pode ser inspirado a partir do final de uma expiração normal: $CI = VRI + VC$.

– **Capacidade Vital (CV)** – volume máximo que pode ser expirado após a inspiração máxima: $CV = VRE + VC + VRI$.

– **Capacidade Pulmonar Total (CPT)** – volume de ar nos pulmões após uma inspiração máxima: $CPT = CV + VR$.

O volume residual (VR) e a capacidade pulmonar total (CPT) não podem ser medidos diretamente pela espirometria e, sim, por outras técnicas indiretas (ex. pletismografia, técnica de diluição do hélio, técnica de lavagem do nitrogênio, etc.).

Os espirômetros modernos fornecem a curva fluxo-volume para análise gráfica do fluxo gerado durante a manobra da capacidade vital forçada

(CVF), plotando volume e fluxo (Figura 2). Para se obter os dados necessários, o paciente realiza a seguinte manobra: inspira até a CPT e, após, expira de maneira forçada e rápida até o VR; após, inspira rapidamente do VR até a CPT. Logo após o início do movimento expiratório, o fluxo chega rapidamente ao máximo possível – este é o pico do fluxo expiratório – e, a seguir, ocorre redução progressiva, à medida que se aproxima do VR. O primeiro 1/3 da curva expiratória depende, primordialmente, do esforço expiratório e, por conseguinte, da colaboração do paciente. Os últimos 2/3, principalmente da retração elástica pulmonar.

– **Capacidade Vital Forçada (CVF)** – volume expirado com esforço máximo e o mais rapidamente possível, a partir de uma inspiração máxima. Durante sua realização, são medidos os fluxos instantâneos (FEF₂₅, FEF₅₀ e FEF₇₅) e o FEF₂₅₋₇₅.

– **Capacidade Vital Lenta (CVL)** – volume máximo que pode ser eliminado após inspiração máxima, no entanto, sem exigência de esforço rápido e intenso. A CVL costuma ser igual à CVF, salvo nos pacientes que apresentem obstrução severa, quando a CVF pode tornar-se inferior à CVL, devido ao alçapamento de ar que pode ocorrer na expiração forçada.

– **Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF₁)** – volume expirado no primeiro segundo da CVF. É a variável funcional mais usada na prática, particularmente nas doenças obstrutivas.

– **Pico do Fluxo Expiratório (PFE)** – fluxo máximo obtido logo após o início da CVF (geralmente ao final de 0,2 segundo). Como é estritamente dependente da vontade, é um indicador do grau de colaboração do paciente.

– **Fluxo Médio-Expiratório Forçado (FEF_{25-75%})** – fluxo entre 25% e 75% da CVF. Os fluxos FEF_{25%}, FEF_{50%} e FEF_{75%} medem o fluxo expiratório instantâneo nas marcas dos 25%, 50% e 75% da curva fluxo-volume da CVF. Esses fluxos não são essenciais na interpretação da espirome-

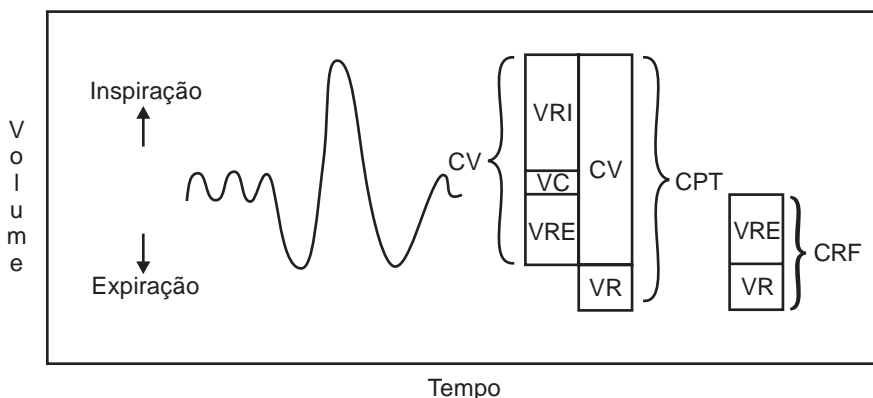


Figura 1 – Subdivisão dos volumes e capacidades pulmonares.

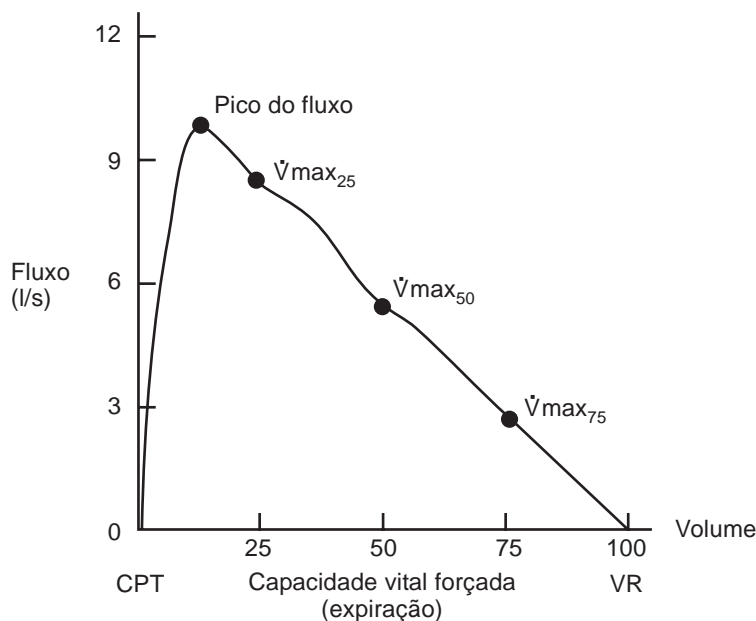


Figura 2 – Curva fluxo-volume.

tria, em virtude de sua variabilidade em diferentes medidas. A relação $FEF_{25-75\%} / CVF$ diminui essa variabilidade e pode auxiliar na detecção de distúrbio ventilatório obstrutivo quando os outros parâmetros forem normais (VEF_1 , CVF , VEF_1 / CVF) e houver quadro clínico sugestivo.

Indicações

A espirometria é realizada de rotina na quase totalidade das avaliações pneumológicas, independentemente de a origem do processo ser pulmonar ou extrapulmonar. Suas indicações mais frequentes são:

a) Diagnóstico – Quando analisada em conjunto com os dados clínicos e radiológicos, pode confirmar a hipótese de doença obstrutiva, restritiva, ou mista. Também pode detectar precocemente o surgimento de doenças pulmonares, particularmente em fumantes, como no caso da DPOC, antes do surgimento de manifestações clínicas ou alterações radiológicas. A Norma Regulamentadora Número 7 (NR7) do Ministério do Trabalho tornou obrigatória a avaliação dos trabalhadores expostos a produtos aerodispersíveis (poeiras ou gases), antes da admissão no trabalho, e a cada 1-2 anos (dependen-

do do tipo de aerodispersíveis), durante o período de exposição. Dessa forma, pode-se diagnosticar precocemente doenças ocupacionais relacionadas com o aparelho respiratório.

b) Quantificação do distúrbio – É a única maneira de fazer a medida objetiva das anormalidades funcionais pulmonares.

a) Investigação de sintomas – Dispnéia e tosse são indicações formais para a realização de testes funcionais pulmonares.

d) Acompanhamento da evolução e avaliação da resposta terapêutica – Tanto em procedimentos cirúrgicos quanto clínicos, o resultado terapêutico deve ser medido também por avaliação funcional, que em conjunto com dados clínicos consegue demonstrar objetivamente a recuperação do paciente. Em doenças de curso crônico, como DPOC, asma e infiltrações intersticiais difusas (8), a avaliação funcional sequencial possibilita informações sobre o curso da doença e períodos de agudização da mesma, de grande importância na formulação do esquema terapêutico.

e) Avaliação de incapacidade – A disfunção é considerada acentuada quando a espirometria demonstrar distúrbio ventilatório severo, obstrutivo ou restritivo (9). Nas doenças respira-

tórias em que a anormalidade funcional é variável como na asma, testes sequenciais em conjunto com dados clínicos são necessários para a avaliação de incapacidade.

f) Avaliação pré-operatória – A utilização dos testes de função pulmonar no pré-operatório de cirurgias torácica e abdominal é fundamental para avaliação do risco cirúrgico. Em princípio, não se deve realizar cirurgia eletiva torácica ou abdominal alta sem uma espirometria. Quanto mais severas forem as alterações, maiores deverão ser os cuidados ao paciente (10).

Aspectos técnicos

A espirometria deve ser realizada, preferencialmente, em laboratório especializado com a participação e supervisão de pneumologista com conhecimentos na área de fisiologia respiratória, sendo as interpretações de sua responsabilidade. Pode, também, ser realizada no consultório, devendo seguir sempre as exigências técnicas habituais.

Preparo para o teste

O paciente deve ser instruído para não usar broncodilatador por um período dependente do seu tempo de ação (mínimo de 4 horas), bem como evitar café, chá, álcool e, principalmente, cigarro. O exame deve ser precedido de repouso, durante o qual um questionário respiratório deve ser preenchido (11). Caso o paciente apresente expectoração volumosa, o teste deve ser precedido de toailete brônquica. Devem ser registrados idade, sexo, peso e altura, que serão utilizados na obtenção dos valores previstos. Para a população brasileira, a raça não tem importância na obtenção desses valores. As condições atmosféricas devem ser constantes no laboratório, principalmente temperatura (20°C) e pressão (nível do mar), para evitar erros nas mensurações. Se necessário, os valores volumétricos obtidos devem ser corrigidos para essa referência.

Contra-indicações (relativas) para a realização da espirometria

Existem situações que podem representar um potencial risco para o paciente, devido às manobras forçadas realizadas durante o exame, ou, pelas condições do paciente, afetar a validade do teste. Cada uma delas deve ser julgada individualmente pelo médico. A seguir, são listadas:

- Hemoptise de causa desconhecida.
- Pneumotórax.
- Instabilidade cardiocirculatória, infarto do miocárdio recente, ou tromboembolismo pulmonar.
- Aneurismas cerebral, torácico ou abdominal.
- Cirurgia ocular recente.
- Náusea, ou vômitos.
- Cirurgia torácica ou abdominal recentes.
- Qualquer outra situação que limite a adequada técnica do exame (por exemplo, pertuito de traqueostomia em que não haja oclusão adequada, diminuição do nível do sensorio, incapacidade para permanecer sentado).

Realização do teste

A calibragem do aparelho é realizada pelo menos uma vez por dia, no início da manhã e sempre que se fizer necessário (por exemplo, obtenção de resultados duvidosos, troca de peças do equipamento). O paciente deve ficar sentado, retirar próteses orais, e não deve ter limitação para movimentos respiratórios (coletes ou cintos ajustados). O técnico deve explicar claramente sobre as manobras a serem efetuadas, à medida que se sucedam. Coloca-se clipe nasal e o paciente ajusta os lábios ao bocal, de maneira a não permitir escape aéreo. Faz-se, então, uma inspiração profunda com período de apnéia não superior a três segundos e, sem parar de respirar, segue-se uma expiração rápida e forçada, a mais prolongada possível. Ao final dessa, realiza-se inspiração profunda. Durante essas manobras é fundamental o estímulo constante e repetitivo do técnico.

Crítérios de aceitação do teste

O teste é aceito se a manobra da CVF foi realizada adequadamente, com no mínimo três curvas aceitáveis e duas reprodutíveis. Os dois maiores valores do VEF_1 e da CVF devem diferir menos de 150 ml. A duração da expiração deve ser no mínimo de 6 segundos (embora em crianças e nos distúrbios restritivos possa ser menor). Uma boa referência de que o esforço foi adequado é o valor do PFE. Os valores obtidos são selecionados conforme o maior VEF_1 e a maior CVF. A CVF deve ser a maior, obtida de qualquer curva. O VEF_1 deve ser o maior valor retirado das curvas dentro dos critérios de aceitação (variação do PFE entre o maior e o menor valor < 10% ou 0,5 L/s, o que for maior). A escolha da melhor curva deve sempre ser feita pelo técnico e não pelo próprio aparelho.

Valores de referência

A escolha e análise dos valores de referência depende de vários fatores: sexo, altura, peso, idade e raça. O fator de maior importância é o do crescimento corporal em relação ao pulmão, onde a relação nem sempre é linear. Para as crianças e adolescentes, o peso assume importância nas equações de referência, ao contrário dos indivíduos mais velhos. Em todas as faixas etárias, sexo, estatura e idade são os itens que melhor determinam as equações de regressão utilizadas para construir as tabelas de referência para espirometria. Para a população brasileira, a raça não influencia de forma significativa.

Os valores de referência a serem utilizados na interpretação devem estar baseados em dados mais aproximados possíveis da população em estudo. Nos EUA, as equações de Crapo (1981) (12) e Knudson (1983) (13) são as mais utilizadas em adultos e a de Polgar (1971) (14) em crianças. No Brasil, duas tabelas de referência (Peireira e Mallozi) são recomendadas pela SBPT como padrões para nossa população (15, 16).

Interpretação

Principais variáveis

– **Capacidade Vital Forçada (CVF)** – Está reduzida caracteristicamente nos distúrbios restritivos, mas também pode estar reduzida nos distúrbios obstrutivos, como no enfisema, por redução da retração elástica pulmonar. Quando ocorre sua redução e os fluxos são normais ou até supranormais, trata-se de doença restritiva. Nessa situação, as informações clínicas e radiológicas demonstrarão tratar-se de comprometimento pulmonar (por exemplo, fibrose pulmonar, congestão circulatória, atelectasia e pós-operatório de cirurgia de ressecção) ou extrapulmonar (por exemplo, doenças neuromusculares, cifoescoliose, limitação da mobilidade diafragmática, derrames pleurais e pneumotórax) (17).

– **Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF_1)** – Reduzido em doenças obstrutivas de vias aéreas. Também está diminuído nas doenças restritivas, mas, nesta situação, nunca a valor percentual com diferença superior a 5% em relação à CVF.

– **Fluxo Expiratório Forçado entre 25% e 75% ($FEF_{25-75\%}$)** – Está relacionado às vias aéreas de médio e pequeno calibre, podendo constituir-se na variável mais precoce para detecção do seu comprometimento, principalmente em fumantes assintomáticos (18). A relação $FEF_{25-75\%}/CVF\%$ pode ser um bom preditor de declínio funcional nesses indivíduos (19).

– **Pico do Fluxo Expiratório (PFE)** – Está relacionado com o esforço e colaboração do paciente na realização do teste. Pode estar diminuído em obstruções severas, porém sua correlação com o VEF_1 não é necessariamente observada. Está bastante reduzido em obstruções altas das vias aéreas (Figura 3B).

– **Curva Fluxo-Volume** – O formato desta curva pode indicar a presença de obstrução, caso exista uma concavidade para o eixo do volume, ou restrição, que demonstra uma curva normal porém em miniatura (Figura 3A). Nas obstruções das vias aéreas de gros-

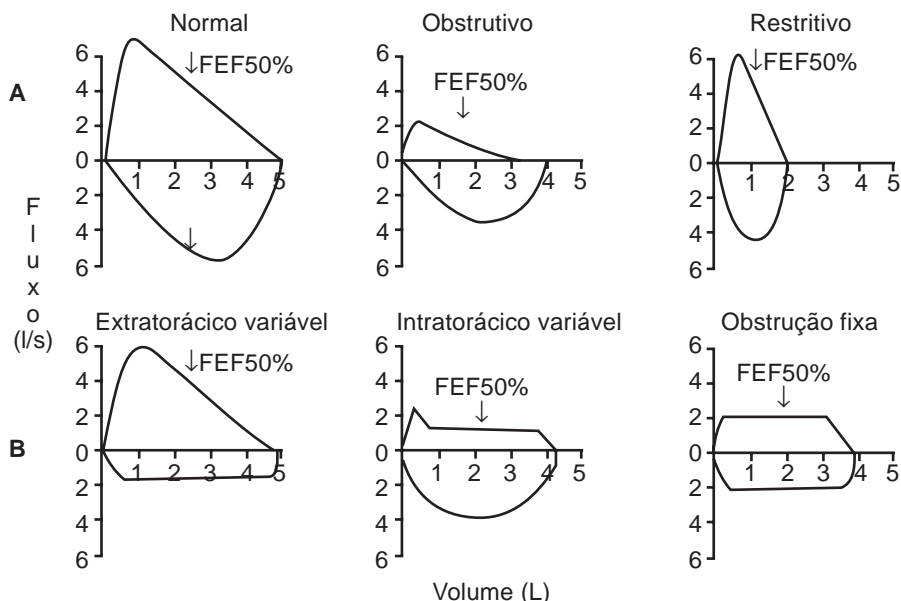


Figura 3 – (A) Curva fluxo-volume: normal, obstrução e restrição. (B) Curva fluxo-volume em obstrução extratorácica.

so calibre, pode-se observar achatamento das alças inspiratória e/ou expiratória, conforme a obstrução seja intra ou extratorácica, e seja variável ou fixa (Figura 3B).

– **Índice de Tiffeneau ($VEF_1/CVF\%$)** – Está diminuído em relação ao previsto nas doenças obstrutivas e próximo ao normal ou aumentado nas doenças restritivas. Essa relação diminui, também, com a idade.

Distúrbios funcionais e sua quantificação

– Distúrbio Ventilatório Obstrutivo (DVO)

Caracterizado pela redução do VEF_1 (<80%) e da relação VEF_1/CVF (índice de Tiffeneau), sendo considerados anormais valores abaixo do li-

mite inferior de referência, escolhidos para cada indivíduo através de equações ou tabelas. Pacientes sintomáticos, com VEF_1 normal, índice de Tiffeneau abaixo de 90% do previsto e com $FEF_{25-75\%}$ reduzidos podem ser interpretados como obstrutivos leves. A quantificação da doença é feita normalmente pelo valor do VEF_1 (Quadro 1).

– Distúrbio Ventilatório Restritivo (DVR)

Caracteriza-se pela redução da CPT. Na prática, a CVF é a variável usada como indicador do distúrbio restritivo. A relação VEF_1/CVF costuma ser normal ou aumentada. A CVF pode estar reduzida por outras causas: a) manobras da CVF interrompidas precocemente, b) fechamento das vias aéreas por fatores obstrutivos anatômi-

cos (tampões de muco, broncoconstricção excessiva, broncoestenose), e (3) coexistência de fatores obstrutivos e restritivos. Quando a CVF normalizar após o broncodilatador, fica afastada doença restritiva. A quantificação do DVR é relacionada ao valor da CVF (Quadro 1).

– Distúrbio Ventilatório Misto (DVM)

Para definir se a redução da CVF é devida à obstrução ou à restrição, a variável mais adequada é a CPT. Sem a determinação da CPT, pode-se inferir que o distúrbio é misto quando a redução da CVF é maior do que o esperado para uma causa obstrutiva (20). Segundo Pereira (21), diferença entre VEF_1 e $CVF \leq 12\%$ indica distúrbio misto, e diferença entre 12 e 25% indica distúrbio obstrutivo com redução da CVF. No Serviço, para caracterização de distúrbio misto, além desses critérios, considera-se a correlação com dados clínicos e radiológicos, e a morfologia da curva. Sarcoidose, bronquiectasias, tuberculose e suas seqüelas, pneumonites alérgicas (22) e granulomatose de células de Langerhans podem apresentar padrão misto. Também é comum a combinação de doenças (por exemplo, DPOC + ICC) ocasionando esse padrão ventilatório (23). A quantificação do distúrbio misto é dada pelo valor mais alterado, seja VEF_1 ou CVF, que também pode indicar qual tipo é predominante. Na Figura 4, observa-se modelo de interpretação adaptado do Consenso Brasileiro de Espirometria (6).

– Distúrbio Ventilatório Inespecífico

Um distúrbio em que a CVF está reduzida na ausência de obstrução ao fluxo aéreo, com CPT normal (medida pelo método da pletismografia de corpo inteiro), pode ser denominado de inespecífico. Está comumente associado com doença obstrutiva e obesida-

Quadro 1 – Quantificação do distúrbio

Distúrbio	VEF_1	CVF	$VEF_1/CVF\%$
Leve	60% – LI*	60% – LI	60 – LI
Moderado	41% – 59%	51% – 59%	41% – 59%
Grave	$\leq 40\%$	$\leq 50\%$	$\leq 40\%$

* Ilimitado inferior.

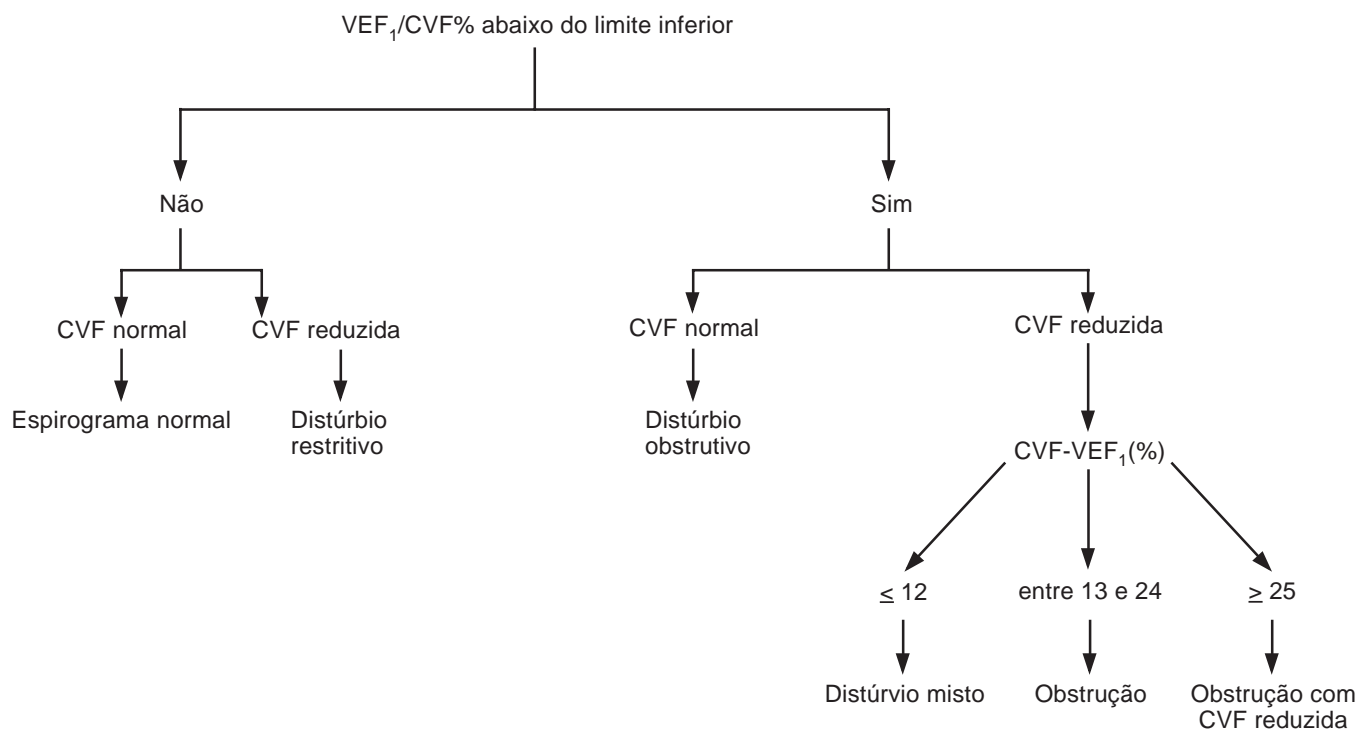


Figura 4 – Modelo de interpretação.

de. A obesidade é um fator de confusão nesses casos, por impedir o aumento da CPT na presença de obstrução. Quando possível, a classificação de um distúrbio como inespecífico é sempre evitado através da correlação com dados clínico-radiológicos.

O DVI só deve ser considerado quando:

- Não há dados indicativos de doença restritiva, asma ou DPOC
- $CV > 50\%$ previsto
- CVF pós-BD permanece reduzida
- $FEF_{25-75}/CVF < 150\%$ previsto
- Difusão CO normal

Quantificação do distúrbio

Freqüentemente o grau de obstrução ou restrição descrito no laudo final não está de acordo com sintomas e limitação funcional do paciente. Sempre que possível, deve-se comparar com testes anteriores, descrevendo essa progressão no laudo. Também devem-se obter dados complementares através de outros testes, mais sensíveis

para a quantificação do distúrbio, como difusão, consumo de O_2 , medida de variáveis no teste de caminhada, medida da CPT e das pressões respiratórias máximas. Todas estas informações devem ser analisadas em conjunto com dados clínicos e radiológicos que possibilitem melhor avaliação da limitação funcional.

A quantificação do distúrbio obstrutivo relaciona-se à queda do VEF_1 , enquanto que a CVF é a variável relacionada ao distúrbio restritivo (Quadro 1). Ambas devem ser analisadas considerando-se seus percentuais em relação ao valor previsto. A classificação da gravidade baseou-se, principalmente, em estudos de grupos de pacientes com DPOC (para o VEF_1 no distúrbio ventilatório obstrutivo) e de fibrose pulmonar (para a CVF no distúrbio ventilatório restritivo). Dessa forma, a quantificação da gravidade do distúrbio na espirometria tem pouca correlação com prognóstico em outras doenças obstrutivas, ou restritivas. Uma $CVF < 50\%$ do previsto em um paciente com fibrose pulmonar indica, freqüentemente, prognóstico sombrio

e, para um paciente com sarcoidose, não há qualquer correlação com sobrevivência. Por outro lado, uma redução leve do VEF_1 em asma muitas vezes ocorre em pacientes assintomáticos, enquanto em um paciente com obstrução traqueal pode significar um nível elevado de obstrução, justificando tão imediata intervenção. Mas, essa classificação é utilizada como uma padronização, na tentativa de chamar a atenção para o grau de obstrução, ou restrição. Além disso, deve sempre levar em conta a doença subjacente.

Resposta ao broncodilatador

A resposta ao broncodilatador é avaliada pela variação do VEF_1 , antes e após 10 minutos do uso de BD (inalação de 400 mcg de fenoterol ou salbutamol ou terbutalina). Em alguns casos, a resposta ao BD pode ser expressa pela variação da CVF ou do $FEF_{25-75\%}$. Em asmáticos, esse período de tempo pode ser reduzido para até 5 minutos (24). Considera-se que existe resposta ao broncodilatador quando ocorre:

Quadro 2 – Quantificação da Capacidade Pulmonar Total (CPT)

Entre limite inferior e 70%	leve redução
70 - 60%	moderada redução
< 60%	marcada redução
Limite superior até 130%	mínimo aumento
130 - 150%	moderado aumento
> 150%	severo aumento

– variação do $VEF_1 \geq 200$ ml e > 7% em relação ao valor previsto (VEF_1 pósBD – VEF_1 préBD / VEF_1 previsto) em espirometria obstrutiva e $\geq 10\%$ em relação ao valor previsto em espirometria normal;

– variação da CVF ≥ 350 ml, ou da CVL ≥ 400 ml, ou da CI ≥ 300 ml em doenças obstrutivas

Cabe ressaltar que a importância clínica da resposta imediata ao broncodilatador deve ser analisada cuidadosamente, uma vez que respostas a longo prazo são comuns em pacientes portadores de DPOC. Particularmente nesses pacientes, realiza-se novo teste após 2 a 4 semanas, na vigência de corticoterapia sistêmica ou inalatória, para melhor avaliação da presença ou não de reversibilidade da obstrução.

VOLUMES PULMONARES (VOLUME RESIDUAL E CAPACIDADE PULMONAR TOTAL)

As medidas da capacidade pulmonar total e do volume residual são úteis na diferenciação entre doenças obstrutivas (CPT normal ou aumentada) e restritiva (CPT reduzida). Os testes mais utilizados para análise da CPT são: (1) método pletoemográfico, pela medida das diferenças de pressões e de volumes em pletoemógrafo de corpo inteiro, (2) método da diluição do hélio, e (3) lavagem do nitrogênio. A pletoemografia (Figura 5) utiliza a Lei de Boyle ($P \times V = K$), permitindo medida mais precisa do que o método da diluição do hélio, pois inclui setores que não se comunicam com as vias aéreas, como, por exemplo, bolhas de enfisema. Recentemente, com a expansão da cirurgia redutora de volume, a medida dos volu-

mes (CPT e VR) tornou-se critério importante na avaliação dos resultados funcionais pós-operatórios (5).

Indicações

– A indicação primária é confirmar, ou não distúrbio ventilatório restritivo através da medida da CPT.

– Diagnóstico e quantificação de doenças obstrutivas, restritivas ou mistas.

– Avaliação da resposta terapêutica (ex. broncodilatadores) utilizando-se os volumes pulmonares.

– Diagnóstico diferencial da dispnéia.

– Monitoração de procedimentos que visem à redução dos volumes pulmonares (cirurgia redutora do enfisema).

– Quantificação da proporção de pulmão não-ventilado, quando são

comparadas as medidas de CPT e VR medidas pela pletoemografia e pelo método do hélio.

Interpretação

No nosso meio, utiliza-se de rotina a técnica da diluição do hélio, considerando-se normais valores do volume residual entre 60 e 140% em relação ao previsto. Os valores normais da CPT são avaliados de acordo com os previstos observados na Quadro 2, considerando-se normais entre 80 e 120% em relação ao previsto. A relação VR/CPT também auxilia na interpretação. Seus valores normais encontram-se entre 0,2 e 0,35 (até 0,4 nos idosos). Valores acima de 35% são observados em pacientes com aumento no VR (enfisema).

Atualmente, valoriza-se muito a capacidade inspiratória (CI) e sua relação com a capacidade pulmonar total (CPT), ao que se denomina “fração de inspiração”. Considera-se o valor de 25% como ponto de corte na análise da relação CI/CPT. Valores inferiores a 25% estão associados a pior prognóstico e a maiores taxas de mortalidade. Nesses pacientes, a hiperinsuflação se-

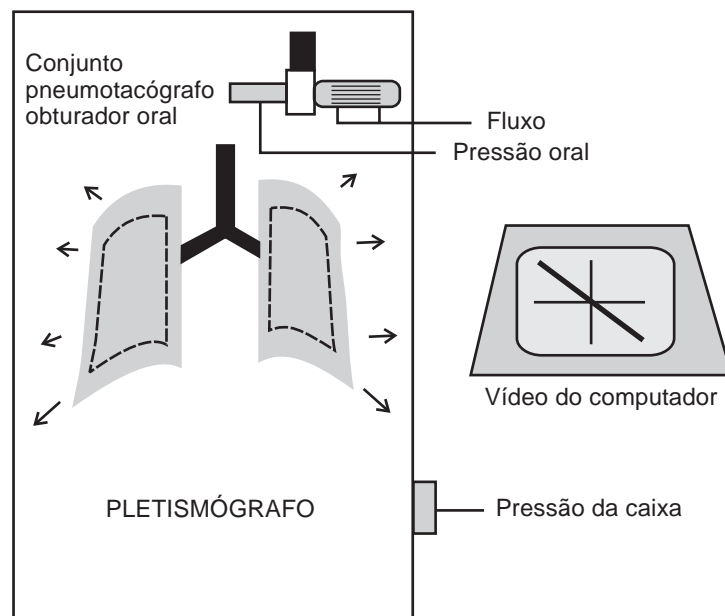


Figura 5 – Técnica da pletoemografia.

ria significativamente importante e estaria associada à piora da qualidade de vida e maior escore de dispnéia.

CAPACIDADE DE DIFUSÃO

A capacidade de difusão para o monóxido de carbono (DCO) é o único método não invasivo capaz de informar sobre a integridade da membrana alvéolo-capilar e a efetividade das trocas gasosas. Essa técnica é realizada através da inalação da mistura de CO até o nível da CPT, seguida de um período de 10 segundos de apnéia, e a ulterior eliminação do gás alveolar. O aparelho analisa a quantidade inicial de CO (inspirada) e a quantidade final de CO (expirada), informando o quanto de CO difundiu-se pela membrana alvéolo-capilar.

Indicações

- Diagnóstico e quantificação de enfisema pulmonar.
- Diagnóstico e acompanhamento de doenças intersticiais.
- Avaliação de incapacidade e de risco operatório.
- Diagnóstico diferencial da dispnéia de origem indeterminada.

A diminuição do DLCO ocorre devido a dano da membrana alvéolo-capilar por destruição (enfisema) ou espessamento (fibrose, alveolite, edema, doenças do colágeno, proteinose alveolar, infiltrações intersticiais), ou devido a alterações perfusionais (por exemplo, embolia pulmonar), ou mesmo por anemia (25). Em asmáticos, policitemicos, em situações de hipermetabolismo (hipertermia) ou em vasculites, a DLCO pode estar aumentada. A DLCO é marcador quantitativo de enfisema pulmonar (26, 27), sendo importante na avaliação pré e pós-operatória da cirurgia redutora de volume pulmonar (28). Alguns consideram a DLCO uma variável preditora da função pulmonar pós-operatória superior ao VEF₁ para avaliação do risco de

complicações e mortalidade (29). Quando a DLCO é inferior a 50%, o risco é considerado elevado. Em pacientes portadores de carcinoma brônquico submetidos à radioterapia, a DLCO diminui significativamente após 6 meses.

Interpretação

Os resultados encontrados para DLCO são expressos em percentuais em relação ao previsto, conforme o Quadro 3.

PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS

Para a avaliação da integridade funcional da musculatura respiratória, devem-se usar testes que meçam os efeitos do diafragma e dos outros músculos envolvidos no processo ventilatório. Os músculos podem estar primariamente comprometidos como nas miopatias e neuropatias, e na esclerodermia, ou secundariamente devido à fadiga muscular, como ocorre em pacientes enfisematosos (30). Através das medidas objetivas, obtêm-se informações que permitem avaliar o grau de limitação funcional. A medida da ventilação voluntária máxima (VVM), pouco reprodutível e de baixa especificidade, a medida da pressão transdiafragmática, e a eletromiografia não são utilizados na rotina. Na prática, medem-se as pressões expiratória e inspiratória máximas (PEMax e PIMax), através do manovacuômetro. Mede-se a PEmax com os pulmões em CPT, fazendo manobra expiratória forçada contra o bocal do aparelho. A PIMax, com os pulmões em VR, fazendo manobra inspiratória forçada através do bocal conectado ao aparelho (31). Os

resultados são lidos diretamente, em mmHg. Os valores da Pemax e da Pimax apresentam boa correlação com dados clínicos de limitação funcional e dispnéia (32).

Indicações

- Diagnóstico diferencial de dispnéia ou de quadro restritivo inexplicado.
- Avaliação da integridade da musculatura respiratória em doenças que afetam diafragma e musculatura intercostal ou acessória.
- Avaliação de fadiga diafragmática e muscular em pacientes com DPOC.
- Avaliação de resposta à fisioterapia e reabilitação pulmonar.

Interpretação

São utilizados os valores referenciais da tabela de Black (1969), sendo consideradas alteradas as pressões inferiores a 60% em relação aos valores previstos.

TESTES DE EXERCÍCIO

Os testes de exercício podem demonstrar alterações da função pulmonar não observadas em repouso, sendo particularmente úteis para diagnóstico diferencial da dispnéia, avaliação de risco cirúrgico e de resultados terapêuticos (33).

TESTE DA CAMINHADA DOS 6 MINUTOS (FASE I)

O teste de caminhada dos seis minutos é um teste de exercício submáximo que pode ser utilizado como des-

Quadro 3 – Quantificação da capacidade de difusão (DLCO)

75 – 120%	intervalo de normalidade
≥ 120%	aumentada
75 – 60%	leve redução
59 – 40%	moderada redução
< 40%	severa redução

fecho substituto para a avaliação do desempenho funcional do paciente em suas atividades diárias. É um teste que representa a soma de variados fatores: função pulmonar, função cardíaca, desempenho muscular, estado nutricional, circulação periférica, condições ortopédicas e até função psíquica e cognitiva. Indicações: comparações pré e pós-tratamento (cirurgia redutora do enfisema, transplantes, DPOC, hipertensão arterial pulmonar primária), medida do estado funcional (DPOC, fibrose cística, insuficiência cardíaca, fibromialgia, avaliação de idosos) e preditor de mortalidade (DPOC, hipertensão arterial primária, fibrose pulmonar, insuficiência cardíaca, etc.).

Avalia a tolerância ao exercício durante caminhada de 6 minutos, em superfície plana, com 30 metros retilíneos, marcados pelo menos de três em três metros. Utiliza-se como sinalização para o retorno e a volta do paciente pelo corredor um cone de trânsito laranja. No início e ao final do teste, monitoram-se as frequências cardíaca e respiratória, SpO₂, e o grau de dispnéia através da escala de Borg (Figura 6). A queda da SpO₂ após exercício está associada a distúrbio difusional e como critério de avaliação para cirurgia torácica tem especificidade superior ao VEF₁ (34). Esse teste é utilizado como alternativa da medida do consumo de O₂ (VO₂) na avaliação de pacientes com pneumopatia grave,

candidatos a transplante (35). Contra-indicações absolutas para a realização do teste: angina instável e infarto do miocárdio no mês anterior, estenose aórtica severa, embolia pulmonar ou arterial recentes.

Interpretação

Quedas na SpO₂ superiores a 3% são anormais e costumam estar associadas a distúrbios difusionais. A FR quando aumenta significativamente (próximo aos 50 mpm) está associada a distúrbios ventilatórios. Quando a FC aumenta até próximo da FC submáxima ou permanece inalterada ou, ainda, reduz-se, é um indicativo de anormalidade cardiocirculatória. A distância a ser percorrida é um parâmetro importante, tendo correlação prognóstica para muitas doenças (DPOC, hipertensão arterial primária, insuficiência cardíaca).

Gasometria arterial pós-exercício

Este teste faz parte da gasometria trifásica, no qual o paciente é submetido a três exames gasométricos: em repouso, com O₂ a 100% e após exercício. Os pacientes que apresentem hipoxemia em repouso poderão ter as seguintes anormalidades com o exercício: piora da PaO₂, quando a altera-

ção primária está na membrana alvéolo-capilar (por exemplo, infiltrações difusas) e melhora da PaO₂, quando a alteração primária ocorre na relação ventilação/perfusão (por exemplo, DPOC).

Indicação

– Avaliar distúrbios das trocas gasosas durante exercício em diversas situações, como, por exemplo, DPOC, fibrose pulmonar, síndrome hepatopulmonar e *shunts* pulmonares.

Teste de broncoprovocação por exercício

Através deste teste, verifica-se a presença de broncoespasmo induzido por exercício, fenômeno freqüente em asmáticos. O paciente realiza uma espirometria basal (interessa o VEF₁) e, após cumprir um protocolo de exercício preestabelecido e alcançar a FC submáxima, fadiga ou dispnéia intensa, realiza manobras espirométricas (VEF₁) a cada 5 minutos.

Indicações

– Diagnóstico de broncoconstrição induzida por exercício.
 – Investigação de dispnéia não verificada em repouso.
 – Avaliação de aptidão atlética em asmáticos.

Interpretação

O teste é considerado positivo quando o VEF₁ cai 20% ou mais, ou ocorre queda mínima de 15% no VEF₁ associada a queda de 20% no FEF_{25-75%}.

T ESTES DE BRONCOPROVOCAÇÃO

A avaliação da hiper-reatividade brônquica tornou-se fundamental na

	FV	FR	Escala de BORG	SaO ₂	Distância percorrida	Dor nas pernas
Repouso (pré)						
Caminhada (pós)						

Escala de Borg (quantificação da dispnéia)

- | | | | |
|-----|---------------------|----|---------------------|
| 0 | nenhuma falta de ar | 6 | severa |
| 0,5 | muito, muito leve | 7 | muito severa |
| 1 | muito leve | 8 | muito severa |
| 2 | leve | 9 | muito, muito severa |
| 3 | moderada | 10 | máxima |
| 4 | pouco severa | | |
| 5 | severa | | |

Figura 6 – Protocolo do teste da caminhada dos 6 minutos.

rotina da investigação pneumológica. Além de estar presente em asmáticos, também é encontrada em outras doenças, como, por exemplo, DPOC e sarcoidose. Para a broncoprovocação pode-se utilizar ar frio, exercício, antígeno específico ou substâncias broncoconstritoras inespecíficas, como metacolina, histamina e carbacol (36). Esse teste tem como indicações mais frequentes o diagnóstico de asma atípica, tosse crônica e avaliação da gravidade da asma (37). O paciente deve realizar o teste sem utilizar broncodilatadores previamente. Também é indispensável não existirem condições que sabidamente alteram a reatividade brônquica, como infecção das vias aéreas superiores nas 6 semanas anteriores.

O teste de broncoprovocação por substância inespecífica é realizado após uma espirometria basal que não evidencie obstrução importante ($VEF_1/CVF > 70\%$). Após essa medida, o paciente recebe doses progressivas da substância broncoconstritora com medidas intercaladas do VEF_1 . A substância a ser usada para broncoprovocação é administrada por nebulização com ar comprimido, cada uma durante dois minutos, em concentrações progressivas (38). A avaliação da hiper-reatividade possibilita ao médico subsídios tanto para o diagnóstico quanto para a conduta terapêutica.

Indicações

- Investigação de asma (quando a espirometria for normal).
- Investigação de tosse de origem desconhecida.
- Confirmação de broncoespasmo induzido por frio ou exercício.

Interpretação

Quando ocorre queda de 20% no VEF_1 , em relação ao valor basal, o teste é suspenso e considerado positivo, sendo calculada a dose da substância administrada até esse momento, ao que se denomina DP_{20} (dose

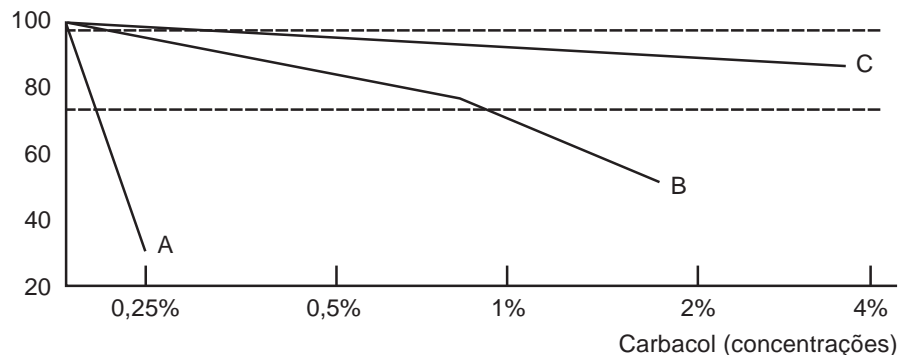


Figura 7 – Teste de broncoprovocação com carbacol.

provocativa que faz cair o VEF_1 em 20%) (Figura 7). Essa dose permite quantificar o grau de hiper-reatividade. Caso não ocorra queda $\geq 20\%$ no VEF_1 , até a dose limite, o teste é considerado negativo. Em alguns protocolos se utiliza a concentração do produto (CP_2O).

RESISTÊNCIA E CONDUTÂNCIA DAS VIAS AÉREAS

A medida da resistência das vias aéreas (Rva) juntamente com a condutância (Gva) permite identificar pequenas alterações na resistência ainda não detectadas pela espirometria, refletindo predominantemente o calibre das vias aéreas. Essas informações são obtidas através da pletismografia de corpo inteiro. A Rva corresponde à pressão (em cmH_2O) necessária para obter-se um fluxo de 1 litro/segundo, sendo seu resultado expresso em $cmH_2O/L/s$. Ela é aferida por manobra de respirações rápidas e superficiais (*panting*) e a mesma manobra sob pressão de um obturador ocluído (*shutter*). A relação entre o fluxo aéreo deslocado entre boca e alvéolo (V) e a pressão do deslocamento de ar nesse mesmo trajeto (ΔP) constituem essa variável ($Rva = \Delta P/V$). Durante as medidas de resistência, o paciente permanece sentado com os lábios firmemente fechados em torno do dispositivo sensor de fluxo, usando um clipe nasal e sustentando as bochechas com as mãos espalmadas.

O paciente é instruído a realizar manobras de respirações rápidas e superficiais (fluxo de 50-100ml por respiração com velocidade de 90-150 respirações por minuto). Valores entre 60-90 respirações por minuto são aceitáveis em pacientes com obstrução moderada a acentuada.

A condutância de vias aéreas (Gva) é o valor inverso da Rva ($Gva = 1/Rva$). Ela mantém relação com o volume pulmonar do indivíduo. Habitualmente avaliamos a condutância específica das vias aéreas ($sGva$), pois esta contempla as variações que a condutância apresenta em relação ao volume pulmonar.

A técnica que mede a Rva e a Gva é preferível naqueles pacientes que não toleram realizar a manobra de esforço máximo (espirometria), podendo, assim, da mesma forma, detectar distúrbios obstructivos. O inconveniente é que alguns pacientes, principalmente aqueles portadores de reserva funcional menor, podem ter um desconforto no momento da oclusão do obturador, devido à sensação de “apnéia forçada”, não completando a manobra com reprodutibilidade.

Indicações

- Obstrução de vias aéreas centrais.
- Informações adicionais sobre obstrução e limitação ao fluxo.
- Medida da resposta ao broncodilatador.
- TBP com metacolina ou histamina.
- Seguimento de tratamento.

Contra-indicações

– Confusão mental, incoordenação muscular e outras condições que impeçam o indivíduo de entrar na cabine do pletismógrafo ou de realizar as manobras adequadas.

– Claustrofobia.

– Uso de infusões IV com bombas ou outros equipamentos que não cabem no pletismógrafo, ou que podem interferir nas mudanças de pressão (dreno torácico, tímpano perfurado, etc.)

– Uso de O₂ contínuo que não possa ser interrompido.

Interpretação

A Rva geralmente varia entre 0,6 e 2,4 cmH₂O/L/s, sendo valores superiores associados a aumento na resistência; e a sGva varia entre 0,12 e 0,37 L/seg/cmH₂O. A resposta ao broncodilatador é verificada com uma redução de 35% em relação ao valor inicial na resistência e um aumento de 50% na condutância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RUPPEL GL. *Manual of Pulmonary Function Testing*. 7ª Ed. Mosby, St. Louis. 1994.
- CORRÊA DA SILVA LC, RUBIN AS, CORRÊA DA SILVA LM. *Avaliação Funcional Pulmonar*. Rio, Revinter, 2000, 171 pgs.
- CELLI BR, COTE CG, MARIN JM et al. The Body-Mass Index, Airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise Capacity Index in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *N Engl J Med* 2004; 350: 1005-1012.
- CASANOVA C, COTE C, TORRES JP, AGUIRRE-JAIME A, MARIN JM, PINTO-PLATA and CELLI B. Inspiratory-to-Total Lung Capacity Ratio Predicts Mortality in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171: 591-597.
- COOPER JD, TRULOCK EP et al. Bilateral pneumonectomy (volume reduction) for chronic obstructive pulmonary disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 109(1):106-6.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar 2002. *J Pneumol* 2002; 28(S3):S1-S238.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 Up-date. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 1107-36.
- RUBIN AS. Fibrose Pulmonar Idiopática: características clínicas e fatores prognósticos em 132 pacientes. *Tese de Doutorado*. Curso de Pós-Graduação em Medicina: Pneumologia, UFRGS, 1999, p. 207.
- AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION. The respiratory system: guides to the evaluation of permanent impairment. 4th ed. Chicago. *AMA* 1991; (15) 115-129.
- FERNANDES E. Fatores de risco operatório em cirurgia torácica. *Tese de Doutorado*. Curso de Pós-Graduação em Medicina: Pneumologia, UFRGS, 1998. 112 p.
- FERRIS BG. Epidemiology standardization project – II. Recommended respiratory disease questionnaires for use in adults and children in epidemiologic research. *Am Rev Resp Dis* 1978; 118 (suppl 2):7-53.
- CRAPO RO, MORRIS AH, GARDNER RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Resp Dis* 1981; (123): 659-664.
- KNUDSON RJ, LEBOWITZ MD, HOLBERG CJ et al. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Resp Dis* 1983; (127): 725-734.
- POLGAR C, PROMADHAT V. Pulmonary function testing in children: techniques and standards. Philadelphia: WB Saunders, 1971.
- PEREIRA CAC, BARRETO SP, SIMÕES JG e cols. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *J Pneumol* 1992; 18:10-22.
- 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.
- GILBERT R, AUCHINCLOSS JH. What is a “restrictive” defect? *Arch Intern Med* 1986; 146: 1779-1781.
- WEIDENBACH-GERBASE M. Fluxos expiratórios em fumantes assintomáticos. *Tese de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre*, 1986.
- BURROWS B, LEBOWITZ MD, CAMILLI AE et al. Longitudinal changes in forced expiratory volume in one second in adults. Methodologic considerations and findings in healthy non-smokers. *Am Rev Respir Dis* 1986; 133:974-980.
- CRAPO RO. Pulmonary-function testing. *N Engl J Med* 1994; 331:25-30.
- PEREIRA CAC, SATP T. Limitação ao fluxo aéreo e capacidade vital reduzida: distúrbio ventilatório obstrutivo ou combinado? *J Pneumol* 1991; 17:59-68.
- RUBIN AS, HETZEL JL, ZELMANOWITZ S e cols. Pneumonite alérgica ex-trínseca – relato de um caso. *J Pneumol* 1994; 20(1):40-42.
- MOREIRA JS, RUBIN AS, PORTO NS. Doença Broncopulmonar Obstrutiva Crônica (DBPOC): análise de 255 casos. *Revista AMRIGS* 1988; 32(4):249-264.
- HETZEL JL, RUBIN AS, SOMENZI D. Estudo da duração do efeito broncodilatador do salmeterol e do fenoterol em asmáticos. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Pneumologia e Tisiologia. *J Pneumol* 1994; 20(3):156.
- WEST JB. *Pulmonary Pathophysiology – The Essentials*. 5th ed. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1997, 198 pgs.
- MINIATI M, FILIPPI E et al. Radiologic evaluation of emphysema in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151(5):1359-67.
- LOUBEYRE P, PARET M et al. Thin-section CT detection of emphysema associated with bronchiectasis and correlation with pulmonary function tests. *Chest* 1996; 109(2):360-365.
- SCIURBA FC, ROGERS RM, KEENAN RJ et al. Improvement in pulmonary function and elastic recoil after lung-reduction surgery for diffuse emphysema. *N Engl J Med* 1996; 334(17):1095–1096.
- FERGUSON MK, REEDER LB, MOCK R. Optimizing selection of patients for major lung resection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 109(2):275-281.
- ALDRICH TK. Respiratory muscle fatigue. *Clin Chest Med* 1988; 9:225-236.
- BLACK LF, HYATT RE. Maximal respiratory pressures: Normal values and relationship to age and Sex. *Am Rev Respir Dis* 1969; 99:696-702.
- AGOSTINI E, RAHN H. Abdominal and thoracic pressures at different lung volumes. *J Appl Physiol* 1960;15:1087-1092.
- BELMAN MJ. Exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 1986; 7:585-597.
- RAO V, TODD TR, KUUS A et al. Exercise oximetry versus spirometry in the assessment of risk prior to lung resection. *Ann Thoracic Surgery* 1995; 60 (3):603-608.
- CAHALIN L, PAPPAGIANOPOULOS P, PREVOST S e cols. The relationship of the 6-min walk test to maximal oxygen consumption in transplant candidates with end-stage lung disease. *Chest* 1995; 108(2):452-459.
- BRAMAN SS, CORRAO WM. Bronchoprovocation Testing. In: *Pulmonary Function Testing*. *Clin Chest Med* 1989; 10(2):165-176.
- COCKROFT DW, KILLIAN DN, MELLON JJA et al. Bronchial reactivity to inhaled histamine: a method and clinical survey. *Clin Allergy* 1977; 7:235-242.
- RUBIN AS, HETZEL JL, CORREA DA SILVA LC e cols. Pesquisa da Hiper-reatividade Brônquica em Pacientes Portadores de Tosse Crônica. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Pneumologia e Tisiologia. *J Pneumol* 1994; 20(03):154.