

Pressões respiratórias estáticas máximas

ROBERTO BRAVO DE SOUZA

EQUIPAMENTO

O instrumento clássico para medir ao nível da boca as pressões respiratórias estáticas máximas – pressão inspiratória máxima ($Pl_{máx}$) e pressão expiratória máxima ($PE_{máx}$) – é um tubo cilíndrico rígido, cuja extremidade distal é fechada, exceto por apresentar um orifício com 1 a 2mm de diâmetro. A extremidade proximal é aberta e nela se encaixa uma peça bucal; através desta, o indivíduo em teste realiza esforços expiratórios ou inspiratórios máximos.

Uma saída lateral e uma tubulação de plástico rígido ligam o interior do tubo a um manovacuômetro (manômetro aneróide capaz de medir pressões negativas e positivas)^(1,2) ou a uma pequena torneira de três vias que permite estabelecer, alternadamente, conexão com um de dois manômetros aneróides (um para medida de pressões negativas, outro para medida de pressões positivas; Figura 1)⁽³⁾.

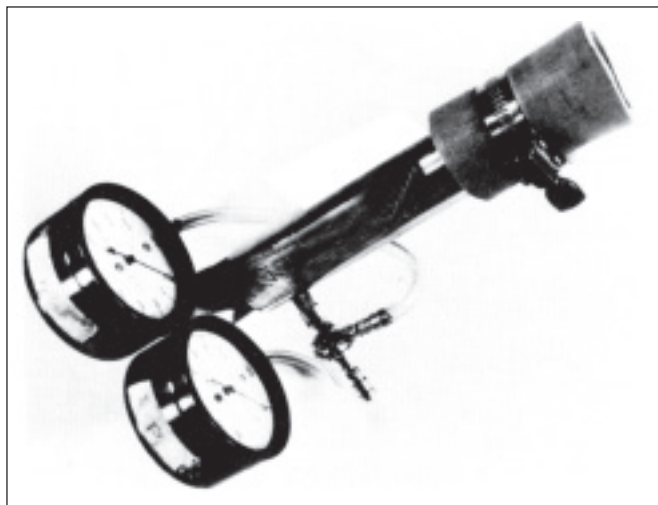


Figura 1 – Instrumento para medir $Pl_{máx}$ e $PE_{máx}$. Os manômetros (um para medir pressões negativas, outro para medir pressões positivas) podem ser alternadamente conectados ao tubo por meio de uma torneira de três vias

O instrumento descrito acima pode apresentar numerosas variações em seus componentes, e diferentes autores utilizaram instrumentos com diferentes características.

Tubo

O conjunto formado pelo tubo e pela peça bucal pode não existir, sendo substituído por uma peça bucal diretamente obstruída por uma rolha de borracha⁽⁴⁾. Contudo, na maioria dos instrumentos há um tubo *rígido*, que pode ser feito de metal, plástico ou borracha; seu comprimento varia desde 6,5cm até 25,0cm, e seu diâmetro, de 1,5cm até 10,5cm. Em alguns estudos, as dimensões dos tubos não foram especificadas. A extremidade distal do tubo pode ser aberta e dotada de uma válvula giratória; esta válvula, acionada manualmente, permite ora ocluir o tubo, ora conectá-lo ao meio ambiente ou a um aparelho registrador (espirômetro ou pneumotacógrafo)⁽⁵⁻⁸⁾.

Peça bucal

A peça bucal pode simplesmente não existir, resumindo-se, nesse caso, à própria extremidade proximal do tubo. O mais comum, entretanto, é que haja uma peça bucal, feita de material semi-rígido ou rígido (borracha, plástico ou papelão). A forma, as dimensões e o modo de emprego da peça bucal são elementos capazes de influenciar os resultados dos testes^(7,8). As peças bucais mais utilizadas são as seguintes: **A) peça bucal comum**, semelhante à usada pelos mergulhadores, feita de borracha semi-rígida e dotada de abas que se encaixam nos sulcos lábio-gengivais; para que não haja vazamentos, o indivíduo em teste pode usar as mãos para comprimir os lábios ao redor da peça^(4,8); além disso, um anel metálico deve ser introduzido no segmento tubular da peça para impedir que ele entre em colapso durante os esforços inspiratórios máximos⁽⁷⁾; **B) peça bucal cilíndrica de grande calibre** (diâmetro interno de 32, 40 ou 41mm), feita de borracha ou plástico rígidos, para dentro da qual os lábios se projetam em forma de bico; para que não haja vazamentos, o indivíduo deve aplicá-la firmemente contra a face^(2,7-9); **C) peça cilíndrica de pequeno calibre** (diâmetro interno de 25mm), em torno da qual o indivíduo fecha os lábios; para evitar vazamentos, é conveniente que os lábios sejam manualmente comprimidos ao redor da peça pelo próprio indivíduo ou pelo técnico⁽¹⁰⁾.

Comparações entre as medidas alcançadas com diferentes tipos de peças bucais mostram que os melhores resultados são obtidos com peças do tipo **A** (desde que as bochechas estejam apoiadas pelas mãos do próprio indivíduo)⁽⁷⁾ e **B**⁽⁸⁾.

Orifício

Nos *esforços expiratórios máximos*, a insuflação passiva das bochechas amortece a pressão produzida pelos músculos expiratórios do tórax e do abdome e, portanto, tende a diminuir o valor medido de $PE_{máx}$. Por outro lado, quando se contraem vigorosamente, as bochechas insufladas geram uma pressão expiratória elevada, que falseia o valor da pressão produzida pelos músculos expiratórios do tórax e do abdome, esteja a glote corretamente aberta ou indevidamente fechada.

Nos *esforços inspiratórios máximos*, músculos da boca e da orofaringe podem gerar uma pressão negativa que falseia o valor da pressão produzida pelos músculos inspiratórios da caixa torácica, esteja a glote corretamente aberta ou indevidamente fechada.

A presença de um pequeno orifício (ou fuga) no instrumento de mensuração serviria para dissipar as pressões geradas pela musculatura da face e da orofaringe, sem afetar significativamente as pressões produzidas pelos músculos da caixa torácica com a glote aberta, pois a magnitude da fuga não seria suficiente para alterar, durante o curto período em que as medições são realizadas, o volume da caixa torácica ou a configuração de seus músculos⁽¹¹⁾.

Poucos estudos foram feitos com o objetivo de avaliar se os valores das pressões respiratórias máximas são realmente influenciados pela presença do orifício de fuga ou pelas dimensões deste. Smyth *et al.*⁽¹²⁾ espetaram uma agulha calibre 18 numa peça bucal para testar a hipótese de que o orifício assim criado seria eficaz “para impedir, durante esforços inspiratórios máximos, o fechamento glótico e a conseqüente geração de valores artificialmente elevados para a $Pl_{máx}$ medida ao nível do volume residual ($Pl_{máx_{VR}}$)”. Em 15 voluntários adultos, esses autores verificaram que os valores de $Pl_{máx_{VR}}$ medidos com a peça bucal assim modificada não diferiam significativamente dos valores medidos com a peça bucal intacta. Mayos *et al.*⁽¹³⁾ compararam, em 30 pacientes, os valores de $PE_{máx}$ ao nível da capacidade pulmonar total ($PE_{máx_{CPT}}$) e de $Pl_{máx_{VR}}$ medidos com dois orifícios de fuga distintos: um com 2mm de diâmetro por 37mm de comprimento (conforme proposto por Ringqvist⁽⁴⁾); outro com 1mm de diâmetro por 15mm de comprimento (conforme proposto por Clausen⁽¹⁴⁾). Os valores de $PE_{máx_{CPT}}$ e de $Pl_{máx_{VR}}$ medidos com o orifício de fuga proposto por Ringqvist foram significativamente menores do que os valores correspondentes obtidos com o orifício proposto por Clausen. Em outra etapa do mesmo trabalho, Mayos *et al.*⁽¹³⁾ verificaram, num grupo de 20 pacientes, que os valores de $PE_{máx_{CPT}}$ e de $Pl_{máx_{VR}}$ medidos com o orifício proposto por Clausen não diferiram significativamente dos valores correspondentes obtidos quando não se empregava nenhum orifício, ao passo que, num outro grupo de 20 pacientes, os

valores de $PE_{máx_{CPT}}$ e de $Pl_{máx_{VR}}$ medidos com o orifício proposto por Ringqvist foram significativamente menores do que os valores correspondentes obtidos quando não se empregava nenhum orifício.

Esses dois estudos permitem as seguintes deduções: a) orifícios de fuga muito pequenos podem exercer sobre os valores das pressões respiratórias máximas o mesmo efeito que a ausência de orifício; b) quando se desejar que os valores das pressões respiratórias máximas não sofram a influência das pressões geradas pelos músculos da boca e do orofaringe, deverão ser utilizados orifícios de fuga com dimensões idênticas ou semelhantes às propostas por Ringqvist⁽⁴⁾; c) ao serem comparados estudos nos quais foram feitas medidas de $PE_{máx}$ e de $Pl_{máx}$, deverão ser levadas em conta as possíveis diferenças de dimensões entre os orifícios de fuga.

Medidores de pressão

Em muitos instrumentos, os manômetros aneróides foram substituídos por outros dispositivos. Na verdade, depois de 1980, poucos autores^(2,15) utilizaram manômetros aneróides. Num estudo⁽¹²⁾, o interior da peça bucal ocluída foi conectado ora a um manômetro de mercúrio, ora a um transdutor de pressão. Em outros três⁽¹⁶⁻¹⁸⁾, as medidas de pressão foram feitas simultaneamente com um manômetro aneróide e com um transdutor eletrônico de pressão. Nos demais estudos, usou-se um transdutor de pressão^(5,8,10,19-25). O sinal proveniente do transdutor é amplificado e, sob a forma de gráfico pressão *versus* tempo, é registrado em papel^(5,7,8,12,19,22) e/ou exibido num osciloscópio^(7,8,20), num monitor digital⁽⁶⁾ ou no monitor de um microcomputador^(16-18,25). Graças a um *software* especial, o microcomputador faz com que os resultados das mensurações sejam calculados, armazenados e exibidos em ordem decrescente de valor, expressos tanto em cmH_2O como em porcentagem do valor mais elevado^(16,17).

No caso de pacientes com músculos enfraquecidos, manômetros ou transdutores de pressão capazes de realizar medidas entre -60 e $+60$ $cm H_2O$ são suficientes para avaliações à beira do leito. Entretanto, muitos pacientes, da mesma forma que as pessoas sadias, conseguem gerar pressões bem maiores que essas. Por isso, no laboratório de provas funcionais pulmonares e em trabalhos de campo envolvendo pessoas economicamente ativas, devem ser utilizados instrumentos que permitam mensurações na faixa de -160 a $+200$ $cm H_2O$.

TÉCNICA DE MENSURAÇÃO EM CONDIÇÕES AMBULATORIAIS

A $Pl_{máx}$ costuma ser medida a partir da posição de expiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é o volume residual ($Pl_{máx_{VR}}$); contudo, pode ser

medida a partir do final de uma expiração calma, quando o volume de gás contido nos pulmões é a capacidade residual funcional ($PI_{máx,CRF}$). A $PE_{máx}$ é geralmente medida a partir da posição de inspiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é a capacidade pulmonar total ($PE_{máx,CPT}$), mas também pode ser medida a partir do final de uma expiração calma ($PE_{máx,CRF}$).

Em condições ambulatoriais, o indivíduo costuma ser testado na posição sentada, estando o tronco num ângulo de 90° com as coxas^(2,3,5-8,10,15-19,21,22). Alguns autores⁽¹⁶⁾ evitam a posição sentada quando o indivíduo a ser testado apresenta grande excesso de peso (evidenciado por um índice de massa corporal igual ou superior a 35kg/m²), mas não justificam tal atitude, nem esclarecem qual a posição a ser utilizada nesse caso. Em indivíduos normais, os valores de $PI_{máx,VR}$ e $PE_{máx,CPT}$ medidos na posição sentada não diferem significativamente dos alcançados na posição de pé⁽²³⁾; contudo, tanto em normais como em obesos, os valores medidos em decúbito dorsal tendem a ser menores que os obtidos nas posições sentada e de pé^(24,26,27). Como a postura pode influenciar os valores de $PE_{máx}$ e $PI_{máx}$, recomenda-se que mensurações seriadas num dado indivíduo sejam feitas sempre na mesma posição^(26,27).

Com raras exceções⁽¹⁵⁾, o nariz é ocluído por uma pinça nasal^(2,3,5-8,10,16-19,21-23).

Devem ser afrouxadas ou removidas peças de vestuário que possam interferir com os esforços respiratórios máximos, tais como cintos apertados, faixas elásticas abdominais, cintas e espartilhos⁽⁷⁾.

O exame pode ser realizado a qualquer hora do dia ou da noite: em homens normais, a hora em que foram feitas as mensurações pareceu não influenciar os valores de $PI_{máx,VR}$ e de $PE_{máx,CPT}$ ⁽²⁸⁾. Em indivíduos saudáveis, pode-se medir primeiro a $PI_{máx}$ e depois a $PE_{máx}$, ou vice-versa: a ordem em que são feitas as mensurações não altera os resultados⁽²⁹⁾.

Mensuração da $PI_{máx,VR}$

Quando é utilizado um tubo com extremidade distal fechada, o indivíduo expira até alcançar seu volume residual, conecta-se imediatamente à peça bucal e efetua um esforço inspiratório máximo contra a via aérea ocluída (manobra de Müller).

Quando é utilizado um tubo com extremidade distal aberta, o indivíduo de início respira normalmente através dele; pouco depois, lhe é solicitado que realize uma expiração máxima. Se o ar expirado estiver sendo dirigido para um espirômetro ou um pneumotacógrafo, a representação gráfica do sinal de volume ou de fluxo pode ser utilizada para indicar o momento em que o indivíduo alcança seu volume residual^(6,30). Se a expiração estiver sendo feita diretamente para o ar ambiente, pede-se ao indiví-

duo que indique, através de gesto previamente combinado, o momento em que chega ao fim da expiração máxima⁽³¹⁾. Nesse momento, o operador aciona a válvula giratória e oclui a via aérea. Em seguida, o indivíduo efetua um esforço inspiratório máximo contra a via aérea ocluída. Se o indivíduo realizar com lentidão a expiração máxima inicial e retardar em quatro a seis segundos o início do esforço inspiratório máximo, a $PI_{máx,VR}$ gerada será menor⁽³²⁾.

A posição alcançada ao fim do esforço inspiratório máximo deve ser mantida durante um breve momento que, segundo diferentes autores, deve durar pelo menos um segundo^(2,3,5,6,10,15,21,22), um a dois segundos⁽¹⁹⁾, exatos dois segundos^(16,17), pelo menos dois segundos^(18,25,30), um a três segundos⁽³¹⁾ ou pelo menos dois a três segundos⁽¹²⁾.

Os gráficos pressão *versus* tempo mostram que, durante o 1º segundo do esforço inspiratório máximo, a pressão é freqüentemente instável, podendo alcançar valores muito elevados (*transientes ou picos de pressão*). Terminado o 1º segundo, a pressão tende a se manter estável (*platô de pressão*), assumindo valor inferior ao do pico de pressão mais elevado⁽¹²⁾.

A maioria dos autores anota a pressão mais elevada (mais negativa) gerada em qualquer momento de cada manobra, lendo-a diretamente no visor do manômetro aneróide^(2,3,12) ou medindo-a por meio do transdutor de pressão^(6,16-22,25,30), mas alguns autores desprezam as pressões observadas durante o primeiro segundo, alegando que elas podem traduzir apenas as variações pressóricas fugazes que ocorrem no início da manobra^(12,25,31).

Como o teste é cansativo, em geral concede-se ao indivíduo, entre cada duas manobras, um intervalo de repouso que varia desde 30-40 segundos⁽³³⁾ até vários minutos⁽³⁴⁾. A maioria dos autores utiliza intervalos em torno de um minuto para indivíduos saudáveis^(2,6-8,10).

A maneira de anotar o resultado final do teste tem variado. Em vários dos trabalhos mais antigos, anotou-se a pressão mais elevada dentre as obtidas em apenas duas a três manobras^(3,12,19,20); alguns autores exigiram que as manobras fossem “tecnicamente aceitáveis”, mas os critérios de aceitação não foram explicitados^(3,12). Hoje se sabe que o aprendizado exerce um efeito nítido sobre os resultados alcançados: à medida que um grupo de indivíduos realiza sucessivos esforços inspiratórios máximos, o valor médio de $PI_{máx,VR}$ vai aumentando^(16,35) e, em pacientes com limitação crônica ao fluxo aéreo, o valor médio mais elevado costuma ser obtido a partir da 9ª manobra⁽³⁵⁾. Por motivos práticos, entretanto, a maioria dos autores tem limitado a cinco o número de manobras. Assim, atualmente, a tendência é recomendar que: a) seja de cinco o número máximo de manobras; b) sejam obtidas três manobras *aceitáveis* (i.e., sem vazamentos e com duração de pelo menos dois segundos); c) de cada manobra, ano-

te-se a pressão mais elevada (mais negativa) alcançada após o primeiro segundo; d) haja, entre as manobras aceitáveis, pelo menos duas manobras *reprodutíveis*, i.e., com valores que não difiram entre si por mais de 10% do valor mais elevado^(16-18,25).

Alguns autores propõem que, caso o valor mais alto surja na última manobra, o teste tenha prosseguimento até que seja produzido um valor menos elevado; com isso, o número de manobras pode passar de cinco.

Num grupo de 267 homens e mulheres saudáveis, com 20 a 90 anos de idade, cerca de 80% dos indivíduos satisfizeram o critério de 10% adotado para avaliar a reprodutibilidade das manobras⁽²⁵⁾. Esse mesmo critério e os critérios de aceitação das manobras foram satisfeitos, respectivamente, por 85% e 98% dos indivíduos de uma amostra aleatória de mais de 13.000 pessoas da população de 47 a 68 anos de quatro comunidades norte-americanas⁽¹⁸⁾. Em caso de não preenchimento dos critérios de aceitação, o laudo deverá informar que o exame foi considerado inválido. Em caso de não preenchimento do critério de reprodutibilidade, o resultado do exame deverá ser liberado com a ressalva correspondente.

O valor da $PI_{máx_{VR}}$ é habitualmente expresso em cmH_2O , sendo precedido de sinal negativo.

Medida da $PE_{máx_{CPT}}$

Em quase tudo, aplicam-se à mensuração da $PE_{máx_{CPT}}$ as observações feitas a propósito da mensuração da $PI_{máx_{VR}}$. A única diferença é que, para a mensuração da $PE_{máx_{CPT}}$, o indivíduo primeiramente inspira até alcançar sua capacidade pulmonar total e, em seguida, efetua um esforço expiratório máximo contra a via aérea ocluída (manobra de Valsalva). A posição expiratória alcançada deve ser mantida por um a três segundos; períodos mais longos devem ser evitados, pois a elevada pressão intratorácica pode reduzir o débito cardíaco e causar síncope. O valor da $PE_{máx_{CPT}}$ é habitualmente expresso em cmH_2O .

TREINAMENTO DO INDIVÍDUO A SER TESTADO; PAPEL DO TÉCNICO

O técnico deverá *ensinar e demonstrar* os procedimentos do exame aos indivíduos a serem testados. Quando são utilizados tubos abertos para a mensuração da $PE_{máx_{CPT}}$ e da $PI_{máx_{VR}}$, as pessoas podem ser treinadas com os seguintes comandos, respectivamente:

“Ponha o ar para dentro, ponha o ar para fora, ENCHA O PEITO DE AR, SOPRE COM FORÇA”;

“Ponha o ar para fora, ponha o ar para dentro, PONHA TODO O AR PARA FORA, ENCHA O PEITO DE AR”⁽³⁴⁾.

Segundo Rochester⁽³⁴⁾, os indivíduos aprendem melhor quando instruídos a realizar seus esforços iniciais com vigor suficiente apenas para que vejam o movimento da

agulha no manômetro. Depois que apreendem o ritmo das manobras, eles podem então realizar esforços realmente máximos.

Durante a realização dos esforços máximos, a observação do movimento da agulha no manômetro aneróide^(16,17) dá ao indivíduo em teste uma noção sobre o seu desempenho e ajuda o técnico a incentivá-lo; o mesmo se consegue com a inspeção do gráfico pressão *versus* tempo registrado em papel⁽⁵⁾ ou exibido na tela do osciloscópio ou do monitor^(6-8,16-18,20,25).

O técnico observará cuidadosamente a ocorrência de vazamentos, descartará as manobras em que eles forem notados e corrigirá, quando necessário, o posicionamento da peça bucal. Nos gráficos pressão *versus* tempo, os vazamentos apresentam-se como quedas bruscas de pressão, o que facilita sua identificação pelo técnico. É importante que o técnico repetidas vezes incentive o indivíduo a produzir esforços máximos, pois a mera obtenção de valores reprodutíveis não significa que os esforços tenham sido realmente máximos: esforços submáximos também podem gerar valores reprodutíveis de $PI_{máx}$ ⁽³³⁾.

A despeito das instruções e demonstrações recebidas, alguns indivíduos, por incapacidade para coordenar seus movimentos e esforços respiratórios, não conseguem executar as manobras necessárias às mensurações de $PI_{máx_{VR}}$ e $PE_{máx_{CPT}}$.

FATORES DETERMINANTES DAS PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS

As mensurações das pressões respiratórias máximas dependem da compreensão das manobras a serem executadas e da vontade do indivíduo em cooperar, realizando movimentos e esforços respiratórios realmente máximos. Asseguradas a compreensão das manobras e a colaboração do indivíduo, os valores de $PE_{máx}$ e de $PI_{máx}$ dependem não apenas da força dos músculos respiratórios, mas também do volume pulmonar em que foram feitas as mensurações e do correspondente valor da pressão de retração elástica do sistema respiratório (P_{rs}), que resulta da soma algébrica das pressões de retração elástica dos pulmões (P_L) e da caixa torácica (P_W).

Quando o volume de ar contido nos pulmões é a CRF, a P_{rs} é nula, ou seja, o sistema respiratório se encontra em posição de equilíbrio, não tendendo nem a expandir-se, nem a retrair-se. Para volumes pulmonares acima da CRF (como é o caso da CPT), a P_{rs} é positiva, ou seja, o sistema tende a retrair-se, produzindo expiração. Para volumes pulmonares abaixo da CRF (como é o caso do VR), a P_{rs} é negativa, isto é, o sistema tende a expandir-se, produzindo inspiração.

Assim, quando se mede a $PE_{máx_{CPT}}$, o valor obtido é, na verdade, a soma da pressão dos músculos expiratórios

($P_{\text{mus exp}}$) com a P_{rs} sendo ambas positivas; da mesma forma, quando se mede a $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$, o valor obtido é a soma da pressão dos músculos inspiratórios ($P_{\text{mus insp}}$) com a P_{rs} , sendo ambas negativas.

A P_{rs} deveria ser algebricamente subtraída da $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}}$ e da $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ para que fossem obtidos os verdadeiros valores de $P_{\text{mus exp}}$ e $P_{\text{mus insp}}$, respectivamente. Isso não costuma ser feito e, em indivíduos normais, a $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}}$ superestima a $P_{\text{mus expiratória}}$ em cerca de trinta por cento, ao passo que a $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ superestima a $P_{\text{mus inspiratória}}$ também em cerca de trinta por cento⁽³⁴⁾.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Valores de referência e limiares de normalidade

Diversos autores mediram as pressões respiratórias máximas em pessoas saudáveis pertencentes a diferentes faixas etárias e publicaram seus achados sob a forma de tabelas ou equações de regressão para o cálculo dos valores de referência^(2,3,5,6,12,16,17,19,22,25). A grande discrepância entre os valores de referência fornecidos por essas tabelas e equações pode ser atribuída aos distintos procedimentos utilizados para a seleção das amostras, ao pequeno tamanho de algumas amostras e às diferenças de equipamentos e técnicas.

Em livros sobre provas funcionais pulmonares^(14,31,36-38), os valores de referência mais frequentemente citados são os de Black *et al.*⁽³⁾. Estes autores mediram a $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ e a $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}}$ em 60 homens com idades entre 20 e 80 anos, e em 60 mulheres com idades entre 20 e 86 anos; havia 10 homens e 10 mulheres em cada faixa de 10 anos entre os 20 e os 70 anos. Nenhum dos indivíduos apresentava sintomas respiratórios, anormalidades nas radiografias de tórax ou evidência de disfunção neuromuscular, mas a amostra incluía um número não especificado de fumantes e um número não especificado de indivíduos saudáveis potencialmente familiarizados com a técnica do exame (médicos e técnicos de laboratório). Para a medida das pressões respiratórias máximas, foi utilizado um tubo metálico com extremidade distal fechada (exceto pela presença de um orifício com 2mm de diâmetro e 15mm de comprimento), cujo interior era conectado, por meio de uma torneira de três vias, a dois manômetros aneróides; na extremidade proximal do tubo, havia uma peça bucal circular, feita de borracha, com diâmetro interno de 3,2cm. Os indivíduos realizaram os testes na posição sentada, com o nariz ocluído por uma pinça. Os esforços respiratórios máximos eram sustentados durante pelo menos 1 segundo. As manobras eram repetidas até que fossem obtidas duas mensurações “tecnicamente aceitáveis”; para os cálculos subsequentes, anotou-se o valor mais elevado. Tanto para os homens como para as mulheres, observou-se que, com o aumento da idade, a $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ se tor-

nava menos negativa e a $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}}$ se tornava menos positiva; em outras palavras, os valores absolutos de $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ e de $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}}$ apresentavam regressão negativa com a idade (Quadro 1).

QUADRO 1 Equações de regressão para o cálculo das pressões respiratórias máximas em função da idade, de acordo com o sexo⁽³⁾
Homens de 20 a 80 anos $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}} \text{ (cmH}_2\text{O)}^* = 143 - 0,55A$ $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}} \text{ (cmH}_2\text{O)} = 268 - 1,03A$
Mulheres de 20 a 86 anos $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}} \text{ (cmH}_2\text{O)}^* = 104 - 0,51A$ $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}} \text{ (cmH}_2\text{O)} = 170 - 0,53A$
<small>* $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ expressa em valores absolutos, desprezando-se o sinal de negatividade; A = idade em anos.</small>

Entretanto, quando examinadas as diferentes faixas etárias que compunham a amostra, os autores verificaram que a regressão da $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}}$ com a idade só era significativa para os homens de 55 a 80 anos e para as mulheres de 55 a 86 anos, ao passo que a regressão da $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ com a idade só era significativa para as mulheres de 55 a 86 anos. Para esses subgrupos, as equações de regressão eram as mostradas no Quadro 2.

QUADRO 2 Equações de regressão para o cálculo das pressões respiratórias máximas em indivíduos com idade igual ou superior a 55 anos, de acordo com o sexo⁽³⁾
Homens de 55 a 80 anos $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}} \text{ (cmH}_2\text{O)} = 353 - 2,33A$
Mulheres de 55 a 86 anos $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}} \text{ (cmH}_2\text{O)}^* = 122 - 0,79A$ $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}} \text{ (cmH}_2\text{O)} = 210 - 1,14A$
<small>* $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ expressa em valores absolutos, desprezando-se o sinal de negatividade; A = idade em anos</small>

Como o número de indivíduos acima de 75 anos era pequeno, os autores resolveram limitar às idades entre 20 e 74 anos suas previsões acerca das faixas de valores normais.

No Quadro 3, para cada grupo etário em que a regressão com a idade *não era significativa*, a faixa de valores normais para a $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ ou para a $PE_{\text{máx}_{\text{CPT}}}$ é apresentada sob a forma de [valor médio das medidas do grupo \pm (2 vezes o desvio padrão das medidas)]. Ao contrário, para os grupos etários nos quais a regressão com a idade *era significativa*, a faixa de valores normais para a $P_{\text{Imáx}_{\text{VR}}}$ ou

para a $PEmáx_{CPT}$ é apresentada sob a forma de [valor previsto pela equação de regressão para a idade central do grupo etário \pm (duas vezes o desvio padrão residual ao redor da linha de regressão)].

O limiar inferior de normalidade de cada uma das faixas pode ser calculado subtraindo-se o número à direita do sinal “ \pm ” do número à esquerda desse sinal. Se não superar o limiar inferior de normalidade de sua faixa, um valor medido de $PI_{máx_{VR}}$ ou de $PEmáx_{CPT}$ (expresso como número absoluto) terá, no máximo, 2,5% de probabilidades de ser normal e, por isso, já será considerado diminuído.

Com o auxílio de uma calculadora, verifica-se que o limiar inferior de normalidade varia desde 60% do valor central da faixa (no caso da $PI_{máx_{VR}}$ de mulheres entre 70 e 74 anos e no caso da $PEmáx_{CPT}$ de homens entre 70 e 74 anos) até 69% do valor central da faixa (no caso da $PI_{máx_{VR}}$ de homens com idades entre 55 e 59 anos). Conclui-se, portanto, que as faixas de normalidade apresentadas no Quadro 3 são bastante amplas.

Utilizando equipamento mais moderno, Harik-Khan *et al.*⁽²⁵⁾ mediram a $PI_{máx_{VR}}$ em 139 homens saudáveis (idades entre 23 e 90 anos, pesos entre 56 e 148kg, alturas entre 162 e 192cm; 62 jamais fumantes) e em 128 mulheres saudáveis (idades entre 20 e 83 anos, pesos entre 41 e 97kg, alturas entre 144 e 187cm; 73 jamais fumantes). Esses 267 indivíduos (95% dos quais eram brancos)

não apresentavam sintomas respiratórios (investigados por meio de questionário padronizado), diagnóstico de doenças respiratórias, insuficiência cardíaca ou insuficiência renal, diagnóstico possível ou confirmado de cardiopatia coronariana, nem doenças neuromusculares; além disso, não estavam utilizando medicamentos capazes de interferir com a força muscular. Os fumantes e ex-fumantes não foram excluídos do grupo porque a análise dos dados revelou que, nesse grupo, a condição de fumante, ex-fumante ou jamais fumante não afetava os valores medidos de $PI_{máx_{VR}}$. Para as mensurações de $PI_{máx_{VR}}$, foi utilizada uma peça bucal de papelão com um orifício de 1mm de diâmetro por 10mm de comprimento, e um transdutor de pressão conectado a um computador, o que permitia o exame, em tempo real, das curvas pressão *versus* tempo. Cada indivíduo realizou um máximo de cinco manobras, com vistas à obtenção de três manobras aceitáveis (com um platô de pressão inspiratória de pelo menos dois segundos), das quais dois deveriam ser reprodutíveis (isto é, com valores de $PI_{máx_{VR}}$ que não diferiam entre si por mais de 10% do maior valor). Para cada indivíduo, considerou-se como valor de $PI_{máx_{VR}}$ a pressão mais negativa observada após o primeiro segundo de esforço. Com base nesses valores, foram construídas as equações de regressão mostradas no Quadro 4.

As equações de Harik-Khan *et al.*⁽²⁵⁾ permitem que a normalidade de um valor medido de $PI_{máx_{VR}}$ seja avaliada

QUADRO 3 Faixas de valores normais para as pressões respiratórias máximas, por sexo e grupo etário ⁽³⁾						
Pressão	Sexo	Grupos etários (anos)				
		20-54	55-59	60-64	65-69	70-74
$PI_{máx_{VR}}^*$	Homens	124 \pm 44	103 \pm 32	103 \pm 32	103 \pm 32	103 \pm 32
	Mulheres	87 \pm 32	77 \pm 26	73 \pm 26	70 \pm 26	65 \pm 26
$PEmáx_{CPT}$	Homens	233 \pm 84	218 \pm 74	209 \pm 74	197 \pm 74	185 \pm 74
	Mulheres	152 \pm 54	145 \pm 40	140 \pm 40	135 \pm 40	128 \pm 40

* Para a $PI_{máx_{VR}}$, as faixas estão expressas em valores absolutos.

QUADRO 4 Equações de regressão para o cálculo de valores previstos para a $PI_{máx_{VR}}$ ⁽²⁵⁾						
Sexo	Equações	LIN	n	R ²	EPE	
M	$PI_{máx_{VR}} = 126 - 1,028A + 0,343W$	-37	139	0,42	22,4	
F	$PI_{máx_{VR}} = 171 - 0,694A + 0,861W - 0,743H$	-32	128	0,31	18,5	

$PI_{máx_{VR}}$ expressa em valores absolutos, desprezando-se o sinal de negatividade; M = masculino; F = feminino; A = idade em anos; W = peso em kg; H = altura em cm; LIN = limiar inferior da normalidade, definido como o 5º percentil dos resíduos negativos (valor medido - valor previsto); n = número de indivíduos; R² = coeficiente de determinação; EPE = erro padrão da estimativa.

de dois modos. O primeiro consiste em subtrair, do valor medido, o valor fornecido pela equação de regressão; se a diferença encontrada for mais negativa que o LIN, o valor medido terá, no máximo, 5% de probabilidades de ser normal e, por isso, já será considerado diminuído. O segundo consiste em subtrair do valor fornecido pela equação de regressão o produto (1,645 x EPE); se não superar a diferença assim calculada, o valor medido terá, no máximo, 5% de probabilidades de ser normal e, por isso, já será considerado diminuído.

Entre nós, empregando equipamento semelhante ao utilizado por Black *et al.*⁽³⁾, Neder *et al.*⁽²⁾ mediram a $Plm_{\text{máx,VR}}$ e a $PEm_{\text{máx,CPT}}$ em 100 brasileiros (50 homens e 50 mulheres), com idades entre 20 e 80 anos. Os 100 indivíduos distribuíam-se homogênea e pelas diferentes faixas etárias de 10 anos e, em cada faixa, havia número aproximadamente igual de homens e mulheres. Nenhum dos indivíduos tinha história de exposição ocupacional a riscos ambientais, nem história de tabagismo atual ou progressivo; nenhum tinha traçado eletrocardiográfico anormal, história de doença febril recente, nem história clínica ou achados físicos de doença cardíaca, respiratória ou neuromuscular. O perfil racial do grupo era heterogêneo, reproduzindo o perfil da população urbana do sudoeste do Brasil⁽³⁹⁾. Para a medida das pressões respiratórias máximas, foram utilizados uma peça bucal de plástico rígido, uma pinça nasal, uma válvula giratória acionada manualmente, um “pequeno” orifício de fuga (dimensões não especificadas) e um manovacuômetro aneróide; durante as mensurações, os indivíduos apoiavam as bochechas com as mãos. Os esforços respiratórios máximos eram sustentados durante pelo menos 1 segundo. Os indivíduos executaram 3 a 5 manobras aceitáveis e reproduzíveis (isto é, com diferenças de 10% ou menos entre os valores); os valores anotados foram os mais elevados, exceto se produzidos no último esforço. Com base nesses valores, foram preparadas as equações de regressão mostradas no Quadro 5.

QUADRO 5
Equações de regressão para o cálculo das pressões respiratórias máximas em função da idade, de acordo com o sexo⁽²⁾

Homens de 20 a 80 anos

$Plm_{\text{máx,VR}}$ (cmH₂O)* = 155,3 – 0,80A R² = 0,42 EPE = 17,3
 $PEm_{\text{máx,CPT}}$ (cmH₂O) = 165,3 – 0,81A R² = 0,48 EPE = 15,6

Mulheres de 20 a 80 anos

$Plm_{\text{máx,VR}}$ (cmH₂O)* = 110,4 – 0,49A R² = 0,46 EPE = 9,1
 $PEm_{\text{máx,CPT}}$ (cmH₂O) = 115,6 – 0,61A R² = 0,48 EPE = 11,2

* $Plm_{\text{máx,VR}}$ expressa em valores absolutos, desprezando-se o sinal de negatividade; A = idade em anos; R² = coeficiente de determinação; EPE = erro padrão da estimativa.

Para cada parâmetro, o limiar inferior da normalidade é obtido subtraindo-se do valor previsto pela equação o produto (1,645 x EPE); se não superar a diferença assim calculada, o valor medido terá, no máximo, 5% de probabilidades de ser normal e, por isso, já será considerado diminuído.

Os valores de $Plm_{\text{máx,VR}}$ previstos pelas equações de Harik-Khan *et al.*⁽²⁵⁾ são semelhantes aos produzidos por outras equações^(5,15) e inferiores aos obtidos com as equações de Black *et al.*⁽³⁾. Já os valores de $Plm_{\text{máx,VR}}$ previstos pelas equações de Neder *et al.*⁽²⁾ são maiores (isto é, mais negativos) do que os obtidos com as equações de Black *et al.*⁽³⁾, Wilson *et al.*⁽¹⁵⁾ e Enright *et al.*⁽¹⁶⁾.

Correção em função dos volumes pulmonares

Com frequência, a $Plm_{\text{máx}}$ e a $PEm_{\text{máx}}$ são medidas em pacientes com volumes pulmonares anormais. Por exemplo, pacientes com DPOC têm valores aumentados de VR, ao passo que pacientes com doenças pulmonares restritivas apresentam baixos valores de CPT. Quando um baixo valor de $Plm_{\text{máx,VR}}$ é encontrado num paciente com DPOC, isso pode apenas refletir o fato de que o paciente realizou o esforço inspiratório a partir de um volume pulmonar anormalmente elevado. De modo similar, um valor reduzido de $PEm_{\text{máx,CPT}}$ num paciente com diminuição da CPT pode resultar do fato de que os músculos expiratórios não se encontram no comprimento ideal para a geração de força. Por isso, nos pacientes que apresentam baixos valores de $Plm_{\text{máx,VR}}$ e de $PEm_{\text{máx,CPT}}$, os volumes pulmonares estáticos devem ser medidos; se o VR estiver aumentado ou a CPT estiver diminuída, os valores medidos da $Plm_{\text{máx,VR}}$ e da $PEm_{\text{máx,CPT}}$ devem ser comparados aos valores que um indivíduo normal conseguiria produzir em idênticos volumes pulmonares^(34,40). Para tanto, convém expressar todos os volumes pulmonares como percentagens da CPT teórica e as pressões respiratórias como percentagens de seus valores máximos. Em nosso meio, onde as mensurações das pressões respiratórias máximas costumam ser feitas com manovacuômetros, parece razoável propor que os valores de $Plm_{\text{máx,VR}}$ e de $PEm_{\text{máx,CPT}}$ sejam expressos como percentuais dos previstos pelas equações de Neder *et al.*⁽²⁾ e que os volumes pulmonares, se anormais quando comparados com os valores previstos pelas equações de Neder *et al.*⁽³⁹⁾, sejam expressos como percentuais da CPT prevista pelas equações destes autores. Tais equações^(2,39) foram obtidas de uma mesma amostra aleatória da população brasileira.

A Figura 2 apresenta as relações entre as pressões respiratórias estáticas máximas e o volume pulmonar, e mostra, através dos exemplos A e B (extraídos de Rochester⁽³⁴⁾), como os valores de $PEm_{\text{máx,CPT}}$ e de $Plm_{\text{máx,VR}}$ podem ser corrigidos em função do volume pulmonar.

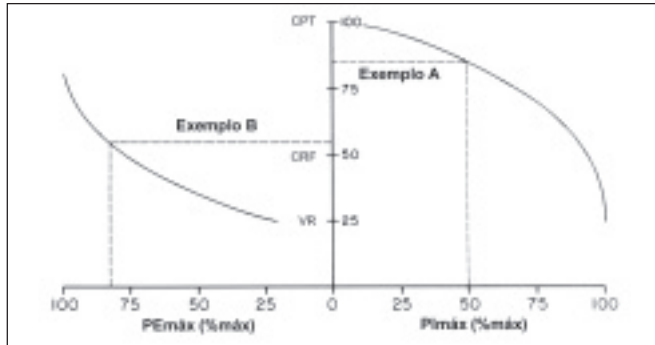


Figura 2 – Relação entre as pressões respiratórias estáticas máximas ($P_{lmáx}$ e $P_{Emáx}$, medidas na boca) e o volume pulmonar. As pressões são expressas como % do máximo, ao passo que o volume pulmonar é expresso como % da CPT

Exemplo A: Um homem de 60 anos, portador de enfisema pulmonar, tem uma CPT igual a 120% da CPT teórica e um VR igual a 85% da CPT teórica, o que significa que seu VR está aumentado cerca de 300%. Sua $P_{Emáx_{CPT}}$ é de $180\text{cmH}_2\text{O}$, valor que é normal. Já sua $P_{lmáx_{VR}}$ é de apenas $50\text{cmH}_2\text{O}$, o que é igual a 44% do valor teórico. Contudo, o exame da Figura 2 indica que a 85% da CPT teórica (valor do VR do paciente), a $P_{lmáx}$ de uma pessoa normal é apenas 50% da $P_{lmáx}$ gerada a partir de um VR normal (aproximadamente 25% da CPT teórica). Portanto, após a correção para o volume pulmonar, verifica-se que a $P_{lmáx_{VR}}$ do paciente é normal. Em outras palavras, o paciente tem músculos respiratórios intrinsecamente normais, mas sua $P_{lmáx}$ está diminuída porque os músculos inspiratórios se encontram em desvantagem mecânica.

Exemplo B: Uma mulher de 49 anos, portadora de uma pneumopatia intersticial difusa, tem um VR equivalente a 30% da CPT teórica, o que é normal. Contudo, sua CPT é de apenas 55% da CPT teórica, o que é um valor anormalmente baixo. Sua $P_{Emáx_{CPT}}$ é de $67\text{cmH}_2\text{O}$ e sua $P_{lmáx_{VR}}$ é de $45\text{cmH}_2\text{O}$; estes valores correspondem a 40% e 50% dos valores previstos, respectivamente. A Figura 2 mostra que, estando a CPT reduzida a 55% do valor teórico, o valor máximo que a $P_{Emáx_{CPT}}$ poderia alcançar é de 82% do valor gerado a partir de uma CPT normal. Assim, conclui-se que o valor de $P_{Emáx_{CPT}}$ produzido pela paciente está de fato diminuído, pois corresponde a $(40/82) \times 100 = 48,8\%$ do valor que deveria alcançar. Já que tanto a $P_{Emáx_{CPT}}$ como a $P_{lmáx_{VR}}$ estão reduzidas a menos de 50% do normal, pode-se afirmar que esta paciente realmente apresenta fraqueza de seus músculos respiratórios.

LIMITAÇÕES

As mensurações de $P_{lmáx}$ e $P_{Emáx}$ são testes volitivos, isto é, dependem da compreensão e da colaboração dos indivíduos em teste. Esforços submáximos podem resul-

tar em valores baixos e, não obstante, reprodutíveis⁽³³⁾. Submetidos a estas mensurações, alguns indivíduos saudáveis acham-nas difíceis, cansativas ou desconfortáveis. Isso explica, em parte, a excessiva amplitude das faixas de normalidade disponíveis. Tal amplitude diminui a sensibilidade das mensurações para identificar os pacientes com fraqueza dos músculos ventilatórios. A dificuldade de realização dos testes aumenta nos idosos, nos indivíduos com fraqueza ou paralisia dos músculos da face (nos quais vazamentos periorais podem falsear os resultados) e nas pessoas com debilidade muscular nos membros. A interpretação dos resultados é uma questão delicada. Valores elevados de $P_{lmáx_{VR}}$ (inferiores a $-80\text{cmH}_2\text{O}$)⁽⁴¹⁾ e de $P_{Emáx_{CPT}}$ (superiores a $90\text{cmH}_2\text{O}$)⁽⁴²⁾ permitem afastar a presença de fraqueza muscular ventilatória clinicamente significativa, mas valores baixos podem ser difíceis de interpretar se não forem corrigidos em função dos volumes pulmonares⁽⁴³⁾. Para que tal correção possa ser realizada, há que ser feita a mensuração dos volumes pulmonares estáticos, exame mais demorado, mais complexo e mais caro. Além disso, a correção em função dos volumes pulmonares é influenciada pelos valores de referência escolhidos para a $P_{lmáx_{VR}}$, para a $P_{Emáx_{CPT}}$ e para a CPT. A despeito dessas limitações, as mensurações de $P_{lmáx}$ e de $P_{Emáx}$ são testes rápidos e não-invasivos da função dos músculos ventilatórios, podendo inclusive ser realizadas à beira do leito com dispositivos portáteis⁽⁴⁴⁾. A medida da $P_{lmáx}$ ainda é o teste mais utilizado para avaliar a força dos músculos inspiratórios e a medida da $P_{Emáx}$ é o único teste amplamente disponível para a avaliação da força dos músculos expiratórios⁽⁴²⁾.

INDICAÇÕES E CONTRA-INDICAÇÕES

Os Quadros 6 e 7 mostram as indicações e contra-indicações das mensurações de $P_{Emáx}$ e de $P_{lmáx}$.

OUTROS TESTES PARA AVALIAR A FUNÇÃO DOS MÚSCULOS VENTILATÓRIOS

A medida das pressões respiratórias estáticas máximas é apenas um dos diversos testes volitivos utilizados para avaliar o funcionamento dos músculos respiratórios. Entre os outros testes volitivos que podem ser realizados encontram-se a medida da pressão inspiratória nasal durante o fungar (“sniff nasal inspiratory pressure”, SNIP), a medida da pressão transdiafragmática durante o fungar (“sniff transdiaphragmatic pressure”, sniff P_{D}) e a medida da pressão esofágica durante o fungar (“sniff esophageal pressure”, sniff P_{ES}). Dos testes volitivos atualmente existentes para avaliar a força global do diafragma e dos outros músculos inspiratórios, a medida da pressão transdiafragmática durante o fungar e a medida da pressão

QUADRO 6
Indicações para a mensuração das pressões respiratórias máximas

- **Diagnóstico diferencial de dispnéia ou de distúrbio restritivo sem causa aparente**
- **Confirmação da disfunção dos músculos ventilatórios em certos estados mórbidos**
 - Polimiosite e outras miopatias proximais⁽⁴⁵⁾
 - Miopatia por excesso de corticosteróides: síndrome de Cushing^(46,47); administração excessiva⁽⁴⁸⁾
 - Miopatia por escassez de corticosteróides: doença de Addison⁽⁴⁹⁾
 - Distrofias musculares⁽⁴⁶⁾
 - Miastenia gravis^(50,51)
 - Hipotireoidismo⁽⁵²⁾
 - Hipertireoidismo^(46,53)
 - Deformidades torácicas⁽⁵⁴⁾
 - Paralisia isolada de um hemidiafragma⁽⁵⁵⁾
 - ⇒ Após lesão de nervo frênico durante cirurgia cardíaca
 - ⇒ Após infecções intratorácicas
 - ⇒ Após manipulações do pescoço
 - ⇒ Após esmagamento frênico ou frenicectomia
 - ⇒ De causa ignorada
 - Fraqueza de ambos os hemidiafragmas^(46,56)
 - Esclerose lateral amiotrófica⁽⁴⁶⁾
 - Esclerose múltipla⁽⁵⁶⁻⁵⁸⁾
 - Degeneração espino-cerebelar^(46,59)
 - Doenças que cursam com atrofia cerebelar⁽⁶⁰⁾
 - Doença de Charcot-Marie-Tooth^(56,61)
- **Avaliação de resposta à fisioterapia e à reabilitação respiratória**
- **Avaliação pré-operatória da função dos músculos ventilatórios**^(62,63)
 - Doenças respiratórias que afetam a função pulmonar (e.g., DPOC, asma)
 - Obesidade acentuada⁽⁶⁴⁾
 - Deformidades da caixa torácica
 - Doenças neuromusculares
 - Desnutrição⁽⁶⁵⁾
 - Corticoterapia sistêmica prolongada
 - Doenças endócrinas (hipotireoidismo, síndrome de Cushing, doença de Addison)
- **Avaliação da possibilidade de desmame de ventilação mecânica**

esofagiana durante o fungar são considerados os mais precisos e reprodutíveis, embora exijam a colocação de um balonete esofágico. Entre os testes não-volitivos (que independem da compreensão e da colaboração do paciente), encontram-se: 1) a estimulação elétrica do(s) nervo(s) frênico(s) à altura do pescoço, com mensuração da pressão transdiafragmática durante a contração brusca do diafragma (“twitch transdiaphragmatic pressure”, “twitch” P_{Di}) e eventual registro eletromiográfico da contração diafragmática e medida do tempo de condução pelo nervo, e 2) a estimulação magnética do(s) nervo(s) frênico(s)

QUADRO 7
Contra-indicações à mensuração das pressões respiratórias máximas⁽⁶³⁾

- **Absolutas**
 - Infarto agudo do miocárdio ou angina instável recente
 - Hipertensão arterial sistêmica grave e sem controle
 - Aneurisma de aorta
 - Pneumotórax
 - Fístulas pleurocutâneas ou pulmonares
 - Cirurgia ou traumatismo recente sobre as vias aéreas superiores, o tórax ou o abdome
 - Hérnias abdominais
 - Problemas agudos de ouvido médio
 - Glaucoma ou descolamento de retina
 - Hidrocefalia, meningocele, processos neurológicos que favoreçam o engasgamento das amídalas
 - Estado geral de deterioração física ou mental que impeça a colaboração do paciente
- **Relativas**
 - Pouca colaboração do paciente
 - Traqueostomia
 - Paralisia facial⁽⁶⁶⁾
 - Hemorróidas sangrantes
 - História de síncope tussígena
 - Doenças da coluna vertebral

à altura do pescoço, que apresenta vantagens em relação à estimulação elétrica. A discussão pormenorizada desses testes^(41-43,63,67,68) foge ao escopo deste Capítulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gilbert R, Auchincloss JH, Bleb S. Measurement of maximum inspiratory pressure during routine spirometry. *Lung* 1978;155:23-32.
2. 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.
3. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969;99:696-702.
4. Ringqvist T. The ventilatory capacity in health subjects: an analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. *Scand J Clin Lab Invest* 1966;18(Suppl 88):1-179.
5. Vincken W, Ghezzi H, Cosio MG. Maximal static respiratory pressures in adults: normal values and their relationship to determinants of respiratory function. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1987;23:435-9.
6. Bruschi C, Cerveri I, Zoia MC, Fanfulla F, Fiorentini M, Casali L, et al. Reference values of maximal respiratory mouth pressures: a population-based study. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:790-3.
7. Rubinstein I, Slutsky AS, Rebuck AS, McClean PA, Boucher R, Szeinberg A, et al. Assessment of maximal expiratory pressure in healthy adults. *J Appl Physiol* 1988;64:2215-9.
8. Koulouris N, Mulvey DA, Laroche CM, Green M, Moxham J. Comparison of two different mouthpieces for the measurements of P_{lmax} and P_{Emax} in normal and weak subjects. *Eur Respir J* 1988;1:863-7.
9. Cook CD, Mead J, Orzalesi MM. Static volume-pressure characteristics of the respiratory system during maximal efforts. *J Appl Physiol* 1964; 19:1016-22.

10. Fiz JA, Carreres A, Rosell A, Montserrat JM, Ruiz J, Morera JM. Measurement of maximal expiratory pressure: effect of holding the lips. *Thorax* 1992;47:961-3.
11. Supinski G. Determination and interpretation of inspiratory and expiratory pressure measurements. *Clin Pulm Med* 1999;6:118-25.
12. Smyth RJ, Chapman KR, Rebeck AS. Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents. Normal values. *Chest* 1984;86:568-72.
13. Mayos M, Giner J, Casan P, Sanchis J. Measurement of maximal static respiratory pressures at the mouth with different air leaks. *Chest* 1991;100:364-6.
14. Clausen JL, editor. Pulmonary function testing guidelines and controversies. Equipment, methods, and normal values. San Diego: Grune & Stratton, 1984.
15. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RHT, Spiro SG. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in Caucasian adults and children. *Thorax* 1984;39:535-8.
16. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB, Hyatt RE. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:430-8.
17. Enright PL, Adams AB, Boyle 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.
18. Carpenter MA, Tockman MS, Hutchinson RG, Davis CE, Heiss G. Demographic and anthropometric correlates of maximum inspiratory pressure. The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:415-22.
19. Gaultier C, Zinman R. Maximal static pressures in healthy children. *Respir Physiol* 1983;51:45-61.
20. Leech JA, Ghezzi H, Stevens D, Becklake MR. Respiratory pressures and function in young adults. *Am Rev Respir Dis* 1983;128:17-23.
21. Wagener JS, Hibbert ME, Landau LI. Maximal respiratory pressures in children. *Am Rev Respir Dis* 1984;129:873-5.
22. McElvaney G, Blackie S, Morrison NJ, Wilcox PG, Fairbairn MS, Parady RL. Maximal static respiratory pressures in the normal elderly. *Am Rev Respir Dis* 1989;139:277-81.
23. Fiz JA, Texido A, Izquierdo J, Ruiz J, Roig J, Morera J. Postural variation of the maximum inspiratory and expiratory pressures in normal subjects. *Chest* 1990;97:313-4.
24. Fiz JA, Aguilar X, Carreres A, Barbany M, Formiguera X, Izquierdo J, et al. Postural variation of the maximum inspiratory and expiratory pressures in obese patients. *Int J Obes* 1991;15:655-9.
25. Harik-Khan RI, Wise RA, Fozard J. Determinants of maximal inspiratory pressure. The Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:1459-64.
26. Goldstone J, Mulvey D, Koulouris N, Carrol M, Green M [abstract]. *Eur Respir J* 1988;1(Suppl 1):82s.
27. Koulouris N, Mulvey DA, Laroche CM, Goldstone J, Moxham J, Green M. The effect of posture and abdominal binding on respiratory pressures. *Eur Respir J* 1989;2:961-5.
28. Aguilar X, Fiz JA, Texido A, Vilalta P, Abad J, Richart C, et al. Maximum inspiratory and expiratory pressures have no daytime variation in healthy men. *Respir Med* 1996;90:231-3.
29. Fiz JA, Carreres A, Aguilar J, Gallego M, Morera J. Effect of order on the performance of maximal inspiratory and expiratory pressures. *Respiration* 1992;59:288-90.
30. Celli BR. Clinical and physiological evaluation of respiratory muscle function. *Clin Chest Med* 1989;10:199-214.
31. Ruppel G. Manual of pulmonary function testing. 6th ed. Saint Louis: Mosby, 1994.
32. Zakynthinos S, Vassilakopoulos T, Mavrommatis A, Roussos C, Tzelepis GE. Effects of different expiratory maneuvers on inspiratory muscle force output. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:892-5.
33. Aldrich T, Spiro P. Maximal inspiratory pressure: does reproducibility indicate full effort? *Thorax* 1995;50:40-3.
34. Rochester DF. Tests of respiratory muscle function. *Clin Chest Med* 1988;9:249-61.
35. Fiz JA, Montserrat JM, Picado C, Plaza V, Agusti-Vidal A. How many maneuvers should be done to measure maximal inspiratory mouth pressure in patients with chronic airflow obstruction? *Thorax* 1989; 44:419-21.
36. Miller A, editor. Pulmonary function tests in clinical and occupational lung disease. New York: Grune & Stratton, 1986.
37. Dias RM, Chauvet PR, Siqueira HR, Rufino R. Testes de função respiratória: do laboratório à aplicação clínica com 100 exercícios para diagnóstico. São Paulo: Atheneu, 2000.
38. Corrêa da Silva LC, Rubin AS, Corrêa da Silva LM. Avaliação funcional pulmonar. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.
39. Neder JA, Andreoni S, Castelo-Filho A, Nery LE. Reference values for lung function tests. I. Static volumes. *Braz J Med Biol Res* 1999;32: 703-17.
40. Rochester DF, Arora NS. Respiratory muscle failure. *Med Clin North Am* 1983;67:573-97.
41. Polkey MI, Green M, Moxham J. Measurements of respiratory muscle strength. *Thorax* 1995;50:1131-5.
42. Syabbalo N. Assessment of respiratory muscle function and strength. *Postgrad Med J* 1998;74:208-15.
43. Moxham J. Respiratory muscle testing. *Monaldi Arch Chest Dis* 1996; 51:483-8.
44. Hamnegard C-H, Wragg S, Kyroussis D, Aquilina R, Moxham J, Green M. Portable measurement of maximum mouth pressures. *Eur Respir J* 1994;7:398-401.
45. Braun NMT, Arora NS, Rochester DF. Respiratory muscles and pulmonary function in polymyositis and other proximal myopathies. *Thorax* 1983;38:616-23.
46. Mier-Jedrzejowicz A, Brophy C, Moxham J, Green M. Assessment of diaphragm weakness. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:877-83.
47. Mills GH, Kyroussis D, Jenkins P, Hamnegard CH, Polkey MI, Wass J, et al. Respiratory muscle strength in Cushing's syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:1762-5.
48. DeCramer M, Lacquet L, Fagaud R, Rogiers P. Corticosteroids contribute to muscle weakness in chronic airflow obstruction. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:11-6.
49. Mier A, Laroche C, Wass J, Green M. Respiratory muscle weakness in Addison's disease. *BMJ* 1988;297:457-8.
50. Mier-Jedrzejowicz AK, Brophy C, Green M. Respiratory muscle function in myasthenia gravis. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:867-73.
51. Mier A, Laroche C, Green M. Unsuspected myasthenia gravis presenting as respiratory failure. *Thorax* 1990;45:422-3.
52. Laroche CM, Cairns T, Moxham J, Green M. Hypothyroidism presenting with respiratory muscle weakness. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138:472-4.
53. Mier A, Brophy C, Wass JA, Besser GM, Green M. Reversible respiratory muscle weakness in hyperthyroidism. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139:529-33.
54. Lisboa C, Moreno R, Fava M, Ferretti R, Cruz E. Inspiratory muscle function in patients with severe kyphoscoliosis. *Am Rev Respir Dis* 1985;132:48-52.
55. Laroche CM, Mier AK, Moxham J, Green M. Diaphragm strength in patients with recent hemidiaphragm paralysis. *Thorax* 1988;43:170-4 [Erratum in: *Thorax* 1988;43:583].
56. Laroche CM, Carroll N, Moxham J, Green M. Clinical significance of severe isolated diaphragm weakness. *Am Rev Respir Dis* 1988;138: 862-6.

57. Smeltzer SC, Skurnick JH, Troiano R, Cook SD, Duran W, Laviates MH. Respiratory function in multiple sclerosis. Utility of clinical assessment of respiratory muscle function. *Chest* 1992;101:479-84.
58. Foglio K, Clini E, Facchetti D, Vitacca M, Marangoni S, Bonomelli M, et al. Respiratory muscle function and exercise capacity in multiple sclerosis. *Eur Respir J* 1994;7:23-8.
59. Mier A, Brophy C, Havard CW, Green M. Severe diaphragm weakness in spinocerebellar degeneration. *Thorax* 1988;43:78-9.
60. Mier-Jedrzejowicz A, Green M. Respiratory muscle weakness associated with cerebellar atrophy. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:673-7.
61. Laroche CM, Carroll N, Moxham J, Stanley NN, Evans RJ, Green M. Diaphragm weakness in Charcot-Marie-Tooth disease. *Thorax* 1988; 43:478-9.
62. Siafakas NM, Mitrouska I, Bouros D, Georgopoulos D. Surgery and the respiratory muscles. *Thorax* 1999;54:458-65.
63. Fiz JA, Morera J. Exploración funcional de los músculos respiratorios. *Arch Bronconeumol* 2000;36:391-410.
64. Weiner P, Waizman J, Weiner M, Rabner M, Magadle R, Zamir D. Influence of excessive weight loss after gastroplasty for morbid obesity on respiratory muscle performance. *Thorax* 1998;53:39-42.
65. Arora NS, Rochester DF. Respiratory muscle strength and maximal voluntary ventilation in undernourished patients. *Am Rev Respir Dis* 1982;126:5-8.
66. Fiz JA, Haro M, Aguilar J, Alvarez J, Abad J, Monso E, et al. Spirometry and maximal respiratory pressures in patients with facial paralysis. *Chest* 1993;103:170-3.
67. Nava S. Monitoring respiratory muscles. *Monaldi Arch Chest Dis* 1998; 53:640-3.
68. Polkey MI, Moxham J. Terminology and testing of respiratory muscle dysfunction. *Monaldi Arch Chest Dis* 1999;54:514-9.