

Pressões respiratórias máximas e capacidade vital: comparação entre avaliações através de bocal e de máscara facial*

Maximal respiratory pressures and vital capacity: comparison mouthpiece and face-mask evaluation methods

JULIO FLAVIO FIORE JUNIOR, DENISE DE MORAIS PAISANI, JULIANA FRANCESCHINI,
LUCIANA DIAS CHIAVEGATO, SONIA MARIA FARELIN^(TE SBPT)

Introdução: A medida das pressões respiratórias máximas e a capacidade vital são importantes na avaliação da função pulmonar, no entanto, variações metodológicas podem interferir na interpretação dos resultados obtidos.

Objetivo: Comparar os valores das pressões respiratórias máximas e da capacidade vital, obtidos através de bocal e de máscara facial.

Método: Foram estudados 30 pacientes (16 homens), com idade de $55,9 \pm 15,7$ anos, em período pré-operatório de cirurgia abdominal. As variáveis pressão inspiratória máxima, pressão expiratória máxima e capacidade vital foram avaliadas através de um bocal rígido achatado e de uma máscara facial, em ordem randomizada.

Resultados: A avaliação com máscara facial não alterou de forma significativa os valores de capacidade vital e pressão inspiratória máxima, porém a pressão expiratória máxima foi significativamente menor do que quando avaliado com bocal rígido. A presença de escape aéreo ao redor da máscara durante a medida da pressão expiratória máxima foi observada em 60% das avaliações. Quando consideradas apenas as medidas de pressão expiratória máxima avaliadas sem a presença de escape de ar, os valores com o uso da máscara foram maiores do que os com o bocal.

Conclusão: A avaliação da pressão inspiratória máxima e capacidade vital pode ser realizada com uso de máscara facial, sem interferência nos resultados obtidos. A avaliação da pressão expiratória máxima através de máscara facial mostrou-se adequado quando foi possível evitar o escape de ar ao redor da máscara, porém a grande prevalência de vazamentos e a conseqüente redução dos valores obtidos na avaliação tornam seu uso limitado.

Background: Measurement of maximal respiratory pressures and vital capacity are essential in evaluating respiratory function. However, methodological variations may interfere with the interpretation of results.

Objective: To compare values obtained using mouthpiece and face-mask evaluation methods in the measurement of maximal respiratory pressures and vital capacity.

Method: We studied 30 patients (16 male), with a mean age of 55.9 ± 15.7 , in the preoperative phase of abdominal surgery. Maximal inspiratory pressure and maximal expiratory pressure, as well as vital capacity, were evaluated using either a rigid flanged mouthpiece or a face mask, in randomized order.

Results: Evaluation with a face mask did not significantly alter vital capacity and maximal inspiratory pressure values, although maximal expiratory pressure values were significantly lower than when measured using a rigid mouthpiece. During measurement of maximal expiratory pressure, air leakage from around the mask was observed in 60% of cases. When maximal expiratory pressure measurements in which there was no such leakage were considered in isolation, face-mask values were higher than those obtained with the mouthpiece.

Conclusion: With a face mask, maximal inspiratory pressure and vital capacity can be accurately evaluated. Maximal expiratory pressure can also be adequately evaluated using a face mask, provided that air leakage from the mask edges can be avoided. However, such leakage and the consequent reduction in the values obtained are common and limit the use of this method of evaluation.

J Bras Pneumol 2004; 30(6) 515-20.

Descritores: Testes de função respiratória. Ventilação voluntária máxima. Músculos respiratórios.

Key words: Respiratory function tests. Maximal voluntary ventilation. Respiratory muscles.

*Trabalho realizado na Disciplina de Pneumologia, Universidade Federal de São Paulo/ Escola Paulista de Medicina
Endereço para correspondência: Julio Flavio Fiore Junior, Rua Onze de Junho, 643- Apto 153, CEP 04041-052, São Paulo – SP, Brasil.
Tel: 55-11 9909 1533. E-mail: juliofiore@ig.com.br
Recebido para publicação, em 5/5/04. Aprovado, após revisão em 19/8/04.

INTRODUÇÃO

A monitorização da função pulmonar é utilizada para determinar a gravidade, as conseqüências funcionais e o progresso de diversas disfunções pulmonares e neuro-musculares. Avaliações das pressões respiratórias máximas (PRM) e da capacidade vital (CV) são recursos freqüentemente utilizados para este fim⁽¹⁾. A avaliação das PRM consiste na medida da máxima pressão inspiratória e expiratória que o indivíduo pode gerar na boca. Por se tratar de uma manobra estática, com a via aérea ocluída, a pressão bucal avaliada reflete a pressão que está sendo gerada nos alvéolos pela ação dos músculos respiratórios⁽²⁻⁵⁾. A pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e a pressão expiratória máxima (PE_{máx}) são extensivamente usadas para o diagnóstico de fraqueza dos músculos respiratórios em pacientes com doenças neuro-musculares^(6,7), doenças pulmonares⁽⁸⁾, ou ainda como parâmetro preditivo de sucesso na descontinuação da ventilação mecânica⁽⁹⁾. A CV é definida como o máximo volume de ar expirado a partir do ponto de inspiração máxima⁽¹⁰⁾. Sua redução é uma anormalidade bastante evidente em pacientes com fraqueza de músculos respiratórios⁽¹¹⁾ ou alterações de mecânica pulmonar que levam à sobrecarga desses músculos⁽¹⁾.

Embora a avaliação das PRM e da CV tenham sua importância bem estabelecida na literatura, as variações metodológicas e o grau de cooperação do paciente podem interferir na performance das manobras e afetar as medidas^(2,7,12,13). A avaliação de ambos os parâmetros é realizada geralmente com o uso de uma peça bucal rígida achatada acoplada entre os lábios do indivíduo, após uniformização de seu posicionamento e do volume pulmonar a partir do qual a manobra é iniciada^(2,12). O escape de ar ao redor do bocal foi um problema encontrado em alguns estudos^(7,14,15), especialmente quando eram avaliados pacientes portadores de doenças neuro-musculares ou em presença de alterações dentárias que afetavam a oclusão labial. Durante a realização da manobra para obtenção da PE_{máx}, o escape aéreo pode estar presente mesmo na avaliação de indivíduos hígidos devido ao alto nível de pressão positiva a que a cavidade oral é submetida^(13,14).

A máscara facial pode ser um meio alternativo de acoplamento entre o aparelho de medida e o indivíduo avaliado para a medida das PRM e da

CV. O uso da máscara pode ser útil para reduzir o risco de escape de ar durante a avaliação, porém é necessário verificar se este é um recurso metodologicamente aplicável e se existe diferença entre os dados obtidos através deste método em relação ao convencional. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi comparar os valores obtidos das PRM e da CV através de bocal e de máscara facial.

MÉTODO

Participaram do estudo 30 pacientes, sendo 16 do sexo masculino, com idade média de 55,9 ± 15,7 anos, internados na Enfermaria de Gastrocirurgia do Hospital São Paulo, no período de abril a dezembro de 2002. O protocolo de estudo foi previamente aprovado pelo comitê de ética da instituição.

Todos os pacientes avaliados encontravam-se em período pré-operatório e não apresentavam qualquer sintoma ou antecedente de doença cardíaco-respiratória ou neuro-muscular.

Os pacientes foram submetidos à medida de PRM e CV utilizando-se bocal e máscara facial. Para a avaliação com bocal, utilizou-se uma peça rígida achatada (Figura 1), acoplada entre os lábios do paciente, e era solicitada a realização de prensão labial suficiente para evitar escape de ar ao redor da mesma. Um obturador nasal evitou o escape de ar pelo nariz do paciente. Para a avaliação através de máscara, foi utilizada uma máscara facial plástica com borda pneumática inflável *Vital Signs Inc. Adult-5* (Figura 2), utilizada para aplicação de ventilação não-invasiva. A ordem de aplicação do bocal e da máscara facial foi randomizada, assim como a seqüência de avaliação das variáveis CV, PI_{máx} e PE_{máx}. Foram estabelecidos intervalos de aproximadamente um minuto entre cada manobra. Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo avaliador.

Um manovacuômetro analógico MTR com intervalo operacional de ± 300 cmH₂O foi utilizado para a avaliação das PRM. Tanto o bocal quanto a máscara utilizados para a avaliação apresentavam um pequeno orifício de 1 a 2 mm de diâmetro na porção distal ao paciente, com o objetivo de prevenir que a pressão gerada pelos músculos faciais influenciasse as medidas. A PI_{máx} e a PE_{máx} foram determinadas com esforços iniciados a partir da capacidade residual funcional, solicitando-se inspiração máxima e expiração

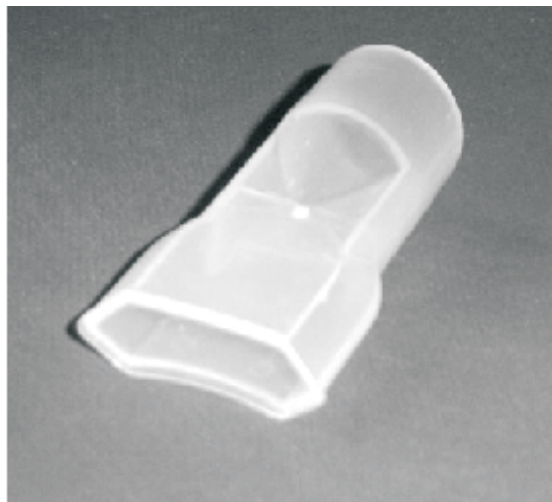


Figura 1 - Peça bucal rígida achatada



Figura 2 - Máscara facial plástica com borda inflável siliconada

máxima respectivamente. O indivíduo era incentivado pelo avaliador durante toda a manobra para que atingisse esforços máximos. Foram consideradas as pressões máximas sustentadas por no mínimo um segundo. As medidas foram realizadas por no máximo seis vezes, até que fossem obtidos três valores com variação menor que 5%, sendo considerado para a análise o maior valor obtido.

A CV foi medida com um ventilômetro *Ohmeda Respirometer*, modelo 121, conectado ao bocal plástico rígido ou à máscara facial, e determinada a partir de uma inspiração até a capacidade pulmonar total, seguida de expiração até o volume residual. As medidas também foram realizadas por no máximo seis vezes, até que fossem obtidos três valores com variação menor que 5%, sendo considerado para a análise o maior valor obtido.

As medidas foram realizadas com os indivíduos sentados e o avaliador era responsável por evitar qualquer tipo de vazamento, otimizando o ajuste do bocal nos lábios do paciente ou o acoplamento da máscara sobre sua face.

A análise estatística dos dados foi realizada através do teste t de Student, comparando os valores de PImáx, PEmáx e CV obtidos através da máscara e do bocal. Foi estabelecido como nível de significância o valor de 0,05 ou 5%.

RESULTADOS

As médias dos valores das PImáx, PEmáx e CV obtidas através da avaliação com máscara e com bocal são descritas na Tabela 1. Os valores das PEmáx foram significativamente menores quando esta variável foi avaliada através da máscara facial ($p < 0,01$). Os dados referentes à PImáx e à CV mostraram não ser influenciados pelo meio de acoplamento entre o paciente e o instrumento de medida ($p > 0,05$).

Durante a medida da PEmáx através da máscara facial foi observado vazamento de ar ao redor da máscara em 60% dos pacientes avaliados. Esse vazamento ocorreu principalmente na região próxima à base do nariz, e persistia mesmo após a otimização do acoplamento da máscara à face do paciente. Durante a avaliação das demais variáveis, ou seja, PEmáx através de bocal, PImáx e CV através de máscara e bocal, não foram observados vazamentos.

Se consideradas apenas as medidas das PEmáx avaliadas sem a presença de escape de ar, a análise estatística mostra que os valores obtidos com o uso da máscara foram significativamente maiores do que os obtidos através do bocal ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

Nos últimos anos, grandes esforços vêm sendo realizados para a uniformização dos métodos de

análise da função pulmonar^(16,17). As variações metodológicas prejudicam a reprodutibilidade das avaliações^(13,17), porém são necessárias quando os indivíduos avaliados são incapazes de realizá-las do modo estabelecido pela literatura.

Segundo Fiz *et al.*⁽⁷⁾, muitos recursos de avaliação respiratória não podem ser usados em pacientes com paralisia facial devido ao escape de ar ao redor do bocal, o que torna impossível avaliar o estado funcional do pulmão e da musculatura

respiratória destes pacientes. O problema estende-se a pacientes com dificuldade na prensão labial, especialmente idosos e indivíduos com alterações ou ausência de arcada dentária.

Os dados obtidos no presente estudo mostram que não existe diferença significativa nos valores das Plmáx e CV quando essas variáveis são avaliadas através de bocal ou de máscara facial. Nestes casos, portanto, a máscara facial pode ser utilizada como meio de acoplamento entre o paciente e os

TABELA 1
 Valores individuais, médias, e desvios padrão das variáveis CV, Plmáx e PEmáx, e indicação da presença de escape aéreo durante a avaliação da PEmáx com máscara

| Paciente | CV máscara (L) | CV bucal (L) | Plmax máscara (cmH ₂ O) | Plmáx bucal (cmH ₂ O) | PEmáx máscara (cmH ₂ O) | PEmáx bucal (cmH ₂ O) | Escape aéreo durante avaliação da PEmáx com máscara |
|---------------|----------------|--------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | 1,25 | 1,25 | -30 | -40 | 20 | 40 | sim |
| 2 | 1,55 | 1,55 | -70 | -60 | 75 | 75 | não |
| 3 | 3 | 3,75 | -25 | -35 | 55 | 50 | não |
| 4 | 2,75 | 3,1 | -65 | -75 | 90 | 130 | sim |
| 5 | 2,8 | 2,5 | -65 | -75 | 90 | 130 | sim |
| 6 | 1,4 | 1,5 | -60 | -25 | 65 | 65 | não |
| 7 | 1,4 | 1,1 | -75 | -30 | 25 | 50 | sim |
| 8 | 2,05 | 2,56 | -75 | -90 | 30 | 120 | sim |
| 9 | 1,5 | 1,8 | -75 | -50 | 70 | 100 | sim |
| 10 | 1,2 | 1,35 | -70 | -40 | 50 | 60 | sim |
| 11 | 1,3 | 1,34 | -25 | -50 | 30 | 70 | sim |
| 12 | 2,5 | 2,1 | -100 | -90 | 50 | 75 | sim |
| 13 | 1,85 | 1,4 | -40 | -40 | 50 | 50 | não |
| 14 | 3,1 | 3,35 | -90 | -110 | 100 | 100 | não |
| 15 | 1,97 | 1,97 | -40 | -30 | 40 | 40 | não |
| 16 | 1,87 | 2,8 | -45 | -25 | 20 | 30 | sim |
| 17 | 2,11 | 2,14 | -125 | -80 | 55 | 80 | sim |
| 18 | 3,07 | 3,47 | -60 | -50 | 80 | 65 | não |
| 19 | 2,07 | 5,92 | -25 | -35 | 60 | 60 | não |
| 20 | 2,9 | 3,18 | -75 | -70 | 55 | 75 | sim |
| 21 | 2,77 | 2,92 | -60 | -75 | 25 | 50 | sim |
| 22 | 3,5 | 2,8 | -65 | -95 | 65 | 50 | não |
| 23 | 2,5 | 3,05 | -30 | -30 | 30 | 50 | sim |
| 24 | 4,73 | 3,07 | -130 | -125 | 150 | 125 | não |
| 25 | 2,4 | 1,9 | -30 | -20 | 30 | 55 | sim |
| 26 | 3,7 | 3,75 | -75 | -75 | 55 | 60 | sim |
| 27 | 3 | 2,75 | -80 | -75 | 65 | 55 | não |
| 28 | 2,75 | 2,7 | -40 | -25 | 40 | 80 | sim |
| 29 | 4 | 3,75 | -55 | -60 | 75 | 75 | não |
| 30 | 3,26 | 2,9 | -75 | -75 | 65 | 75 | sim |
| Médias | 2,47 | 2,59 | -62,5 | -58,5 | 57 | 71,3* | |
| Desvio Padrão | ± 0,88 | ± 1,02 | ± 27,09 | ± 27,7 | ± 27,99 | ± 27,16 | |

CV: capacidade vital; Plmáx: pressão inspiratória máxima; PEmáx: pressão expiratória máxima.

* p<0,01

instrumentos de medida utilizados. A utilização da máscara facial durante a medida da PImáx e da CV torna este tipo de avaliação acessível a pacientes que normalmente apresentam sérias dificuldades para sua realização. A preensão labial torna-se desnecessária quando a avaliação é realizada com a máscara, o que permite que estas variáveis sejam avaliadas sem que haja escape aéreo.

A avaliação da PEmáx mostrou-se ser significativamente influenciada pela utilização da máscara facial. O vazamento de ar ao redor da máscara, presente em 60% dos pacientes, foi o principal inconveniente encontrado durante a avaliação, sendo responsável pelos baixos valores encontrados.

O escape de ar ao redor de máscaras de ventilação não-invasiva, como as utilizadas em nosso estudo, foi o foco do estudo de Schettino *et al.*⁽¹⁸⁾. O estudo, realizado com aplicação de ventilação não-invasiva em um modelo de pulmão mecânico, verificou que o vazamento de ar era desencadeado especialmente quando o interior da máscara era submetido a níveis de pressão acima de 15 cmH₂O. O esforço expiratório dos pacientes avaliados em nosso estudo gerou pressão positiva média de 70 cmH₂O no interior da máscara, ou seja, bem acima do nível pressórico possível de ser mantido com ausência de vazamentos. Durante a avaliação da CV, que exige esforço expiratório sem gerar altos níveis de pressão, e da PImáx, que exige esforço inspiratório com geração de pressão negativa, os vazamentos não foram observados. A ausência de escape aéreo durante a avaliação da PEmáx em alguns pacientes deve-se possivelmente à anatomia facial mais favorável ao acoplamento da máscara.

Quando foi possível avaliar a PEmáx através de máscara sem a presença de escape de ar os valores obtidos com o uso da máscara foram significativamente maiores do que os obtidos através do bocal. Para explicarmos este resultado, sem dúvida surpreendente, devemos nos remeter ao tipo de bocal utilizado no estudo. Segundo Koulouris *et al.*⁽¹³⁾ e Cook *et al.*⁽¹⁴⁾, durante a avaliação da PEmáx é comum a presença de discreto escape aéreo ao redor do bocal achatado, mesmo quando são avaliados indivíduos hígidos e capazes de gerar preensão labial aparentemente adequada. A presença de escape aéreo ao redor do bocal, portanto, é uma possível explicação para

os menores valores obtidos durante a avaliação da PEmáx através dele. Quando foi possível avaliar a PEmáx através da máscara sem a presença de vazamento de ar, a ausência de qualquer escape aéreo provavelmente, permitiu que maiores valores fossem alcançados. Cabe citar que o vazamento de ar ao redor do bocal é geralmente imperceptível, ao contrário do vazamento que ocorre com o uso da máscara, que emite um som característico quando o ar ultrapassa a interface entre a pele e a sua borda de silicone. O uso da máscara facial, portanto, mostra-se mais adequado do que o uso do bocal quando é possível evitar escape aéreo ao redor dela, porém a grande prevalência de vazamentos torna sua aplicação limitada.

O estudo de Koulouris *et al.*⁽¹³⁾ mostrou que os valores encontrados na avaliação das PRM podem variar conforme o meio de acoplamento entre o paciente e o manovacuômetro. Foram comparados dois tipos de peça bucal: um bocal circular de borracha, com 4 cm de diâmetro, que é acoplado externamente aos lábios do paciente, e um bocal semi-rígido achatado, acoplado internamente aos lábios. O bocal circular permitiu uma melhor avaliação das PRM já que permite valores significativamente maiores. Esta variação de valores das PRM entre o bocal circular e o achatado, segundo Green M. *et al.*⁽²⁾, não deve ser considerada clinicamente, já que os bocais convencionais (achatados) são mais acessíveis e de mais fácil utilização. Em nosso estudo optamos pela utilização do bocal rígido achatado por ser a peça de maior disponibilidade no mercado e de maior utilização na prática clínica.

Os valores das PRM encontrados no presente estudo, sejam avaliados através de bocal ou máscara facial, podem parecer baixos em relação aos valores de referência para a população brasileira^(3,4). Deve-se lembrar, porém, que avaliamos PImáx e PEmáx com os esforços iniciados a partir da capacidade residual funcional, enquanto que os valores de referência foram obtidos com esforços realizados a partir do volume residual e capacidade pulmonar total, respectivamente. As pressões inspiratórias são maiores quando avaliadas em volumes próximos ao volume residual e as pressões expiratórias são maiores quando avaliadas em volumes próximos à capacidade pulmonar total, devido à influência gerada pelas forças de retração elástica do sistema

respiratório sobre as medidas⁽¹³⁾. Segundo Green *et al.*⁽²⁾, a avaliação das PRM a partir da capacidade residual funcional, de maneira como a realizada no presente estudo, pode ser mais acurada para utilização em estudos científicos, pois exclui a influência gerada pelas forças de retração elástica.

Na tentativa de se adaptar as avaliações de função respiratória a pacientes com paralisia facial, Fiz *et al.*⁽⁷⁾ realizaram um estudo prospectivo com 17 pacientes portadores de paralisia facial de diversas etiologias. A avaliação da PEmáx foi realizada de três formas: com os pacientes pressionando os lábios manualmente contra o bucal; com os avaliadores pressionando os lábios do paciente contra o bucal; e sem ajuda externa. O estudo concluiu que a ajuda externa, tanto pelo próprio paciente quanto pelo avaliador, permite uma melhor avaliação da PEmáx. Utilizando metodologia semelhante, Fiz *et al.*⁽¹⁵⁾ mostraram que, mesmo em indivíduos hígidos, a ajuda externa permite que maiores valores de PEmáx sejam obtidos devido, possivelmente, à prevenção do escape de ar ao redor do bocal. Este parece ser o meio mais adequado para a avaliação da PEmáx, seja em indivíduos hígidos ou com dificuldade para realizar preensão labial de forma adequada.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que as avaliações da PImáx e da CV podem ser realizadas com uso de máscara facial sem que haja interferência nos resultados obtidos. A avaliação da pressão expiratória máxima através de máscara facial mostrou-se adequada quando foi possível evitar o escape de ar ao redor da máscara, porém a grande prevalência de vazamentos e a conseqüente redução dos valores obtidos na avaliação tornam seu uso limitado.

REFERÊNCIAS

- Gibson J, Whitelaw W, Siafakas N. Tests of overall respiratory function. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:521-6.
- Green M, Road J, Sieck GC, Smilowski T. Tests of respiratory muscle strength. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:528-42.
- Neder JÁ, 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.
- Camelo Jr JS, Terra JT, Manço JC. Pressões respiratórias máximas em adultos normais. *J Pneumol.* 1985;11:181-4.
- Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969;99:696-702.
- Black LF, Hyatt RE. Maximal static respiratory pressures in generalized neuromuscular disease. *Am Rev Respir Dis.* 1971;103:641-50.
- Fiz JA, Haro M, Aguilar J, Alvarez J, Abad J, Morera J. Spirometry and maximal respiratory pressures in patients with facial paralysis. *Chest.* 1993;103:170-3.
- Byrd RB, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures in chronic obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis.* 1968;98:848-56.
- Manthous CA, Schmidt AG, Hall JB. Liberation from mechanical ventilation: A decade of progress. *Chest.* 1998;114:886-901.
- Jardim JR, Faresin SM, Romaldini H, Ratto OR. Atualização da proposta para unificação dos termos e símbolos pneumológicos no Brasil. *J Pneumol.* 1996;22:273-6.
- Chevrolet JC, Deleamond P. Repeated vital capacity measurements as predictive parameters for mechanical ventilation need and weaning success in Guillain-Barré Syndrome. *Am Rev Respir Dis.* 1991;144:814-8.
- Fiz JÁ, 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.
- Kolouris N, Mulvey DA, Laroche CM, Green M, Moxham J. Comparison of two different mouthpieces for the measurement of PImax and PEmax in normal and weak subjects. *Eur Respir J.* 1988;1:863-7.
- Cook CD, Mead J, Orzalesu MM. Static volume-pressure characteristics of the respiratory system during maximal efforts. *J Appl Physiol.* 1964;19:1016-21.
- Fiz JÁ, Carreres A, Montserrat JM, Ruiz J, Morera JM. Measurement of maximal expiratory pressure: effect of holding the lips. *Thorax.* 1992;47:961-3.
- American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:518-624.
- Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para testes de função pulmonar. *J Pneumol.* 2002;28 (Supl 3):S1-S238.
- Schettino GPP, Tucci MR, Sousa R, Barbas CSV, Amato MBP, Carvalho CRR. Mask mechanics and leak dynamics during noninvasive pressure support ventilation: a bench study. *Intensive Care Med.* 2001;27:1887-91.