



ARTIGO ORIGINAL

Acurácia de medidores do pico do fluxo expiratório (peak-flow) da marca MiniWright

Accuracy of MiniWright peak expiratory flow meters

Valéria C. de Ruchkys¹, Ricardo M. Dias², Emília Sakurai³, Paulo A.M. Camargos⁴

Resumo

Objetivo: Avaliar a acurácia dos medidores de pico de fluxo expiratório da marca *Mini-Wright* (Clement Clarke International Ltd.) com escalas nova e antiga.

Métodos: Foram testados vinte dispositivos, utilizando uma seringa de calibração eletrônica (*Jones Flow-Volume Calibrator*®), sendo nove com escala antiga, cujos valores são dispostos de forma equidistante, e onze com escala nova ou mecânica, na qual os valores dos fluxos não estão distribuídos em intervalos equidistantes. Cada medidor foi conectado em série à seringa de aferição, sendo realizadas oito injeções manuais de volume, com fluxos que variaram de 100 a 700 l/min. Foram calculadas as diferenças absolutas e percentuais entre os registros dos medidores e os fluxos gerados pela seringa, estes últimos tomados como valores de referência. A definição de acurácia obedeceu as recomendações da *American Thoracic Society* e/ou da *European Respiratory Society*, que admitem variações de $\pm 10\%$ ou ± 20 l/min e $\pm 5\%$ ou ± 5 l/min, respectivamente.

Resultados: Os medidores com escala nova foram mais acurados do que aqueles com escala antiga ($p < 0,001$), independentemente dos critérios adotados na análise, tanto na primeira aferição, quando ainda novos ($p < 0,001$), quanto na reaferição, após utilizados por até 600 vezes ($p < 0,001$).

Conclusões: Os resultados demonstram que os medidores com escala nova são mais acurados que seus congêneres que portam a escala antiga, podendo ser utilizados com segurança na prática clínica.

J. pediatr. (Rio J.). 2000; 76(6):447-452: pico do fluxo expiratório, medidor do pico do fluxo expiratório, acurácia.

Abstract

Objective: To evaluate the accuracy of the Mini-Wright (Clement Clarke International Ltd.) peak-flow meters.

Methods: Twenty of those meters were checked by use of electronic calibration syringe (*Jones Flow-Volume Calibrator*®). Nine of them had an old scale, with values displayed equidistantly, and eleven had a new mechanical scale with non-equidistant values. Each device was connected in series to the calibration syringe to perform eight hand-driven volume injections, with flows ranging from 100 to 700 l/min. Absolute and relative differences between meters and syringe were calculated, the syringe values taken as standard. The accuracy of the twenty Mini-Wright devices was validated by the American Thoracic Society criteria ($\pm 10\%$ or ± 20 l/min), and/or European Respiratory Society criteria ($\pm 5\%$ or ± 5 l/min).

Results: New scale instruments were more accurate than old scale meters ($p < 0.001$), by both ATS and ERS criteria. Every meter was rechecked after 600 measurements. Both the old, and the new scale instruments maintained the same level of performance after this evaluation.

Conclusions: Results suggest that new scale meters were accurate and can be safely used in clinical practice. The authors strongly recommend that they are rechecked regularly to ensure that they are within the ATS and ERS variation limits.

J. pediatr. (Rio J.). 2000; 76(6):447-452: peak expiratory flow rate, peak expiratory flow meter, accuracy.

1. Ex-bolsista (Mestrado) do CNPq e Mestre em Medicina (área de concentração Pediatria), Curso de Pós-graduação em Pediatria da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

2. Professor Titular do Depto. de Medicina Especializada da Escola de Medicina e Cirurgia da UNI-RIO, Doutor em Medicina.

3. Professora Adjunta do Depto. de Estatística do Instituto de Ciências Exatas da UFMG, Doutora em Bioestatística.

4. Professor Adjunto do Depto. de Pediatria da Faculdade de Medicina da UFMG, Doutor em Medicina.

Trabalho realizado no Curso de Pós-graduação em Medicina (Pediatria) da Fac. de Medicina da UFMG e no Laboratório de Função Pulmonar do Hospital Universitário Graffrée e Guinle da UNI-RIO. Apoio: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Introdução

Os testes de função pulmonar têm importante papel no diagnóstico, na quantificação da intensidade do acometimento dos distúrbios ventilatórios e no manejo de pacientes com doenças pulmonares, tanto na população adulta quanto na pediátrica. Em geral, a partir de seis anos de idade as crianças são capazes de realizar manobras de inspiração e expiração forçadas, indispensáveis a uma avaliação confiável da função pulmonar¹.

Infelizmente, em nosso meio, as provas de função pulmonar, inclusive as mais simples e menos onerosas, ainda são pouco utilizadas na prática pediátrica corrente. Dentre elas, a verificação rotineira do pico de fluxo expiratório, especialmente em asmáticos, vem ganhando espaço crescente entre nós, possibilitando uma medida da função pulmonar não somente em laboratórios especializados, mas também no âmbito hospitalar, ambulatorial e até mesmo domiciliar.

Na avaliação de crianças e adolescentes com doença pulmonar obstrutiva, os medidores de pico de fluxo expiratório fornecem informações de grande utilidade clínica. Quando alterado, este parâmetro funcional revela, primariamente, o grau de obstrução das vias aéreas proximais². Sua importância reside no fato de ser um método confiável, simples e de baixo custo para o acompanhamento de pacientes com asma brônquica, monitorizando a evolução da obstrução ao fluxo aéreo e a resposta terapêutica.

Os medidores de pico de fluxo expiratório, apesar de serem aparelhos de concepção e estrutura simples, possuem peculiaridades importantes no seu manejo, que ainda são pouco propagadas no Brasil. A preocupação com sua acurácia, por exemplo, não é recente e, como com qualquer outro instrumento de medida empregado no exame clínico, é de grande interesse dos pediatras e, também, de interesse médico geral, obter o melhor conhecimento sobre a precisão dos registros fornecidos por estes dispositivos.

No presente estudo os autores empregam um método alternativo para avaliar a acurácia das duas versões dos medidores de pico de fluxo expiratório da marca *Mini Wright* (*Clement Clarke International Ltd., Essex, England*) disponíveis no Brasil.

Métodos

Medidores de pico de fluxo expiratório utilizados no estudo

Foram utilizados vinte dispositivos da marca *Mini Wright* (*Clement Clarke International Ltd., Essex, England*), com amplitude de registro variando de 60 a 800-880 l/min (*standard range*, em inglês). Todos eles foram adquiridos em estabelecimento comercial e nunca haviam sido utilizados. Nove deles (numerados arbitrariamente de 1 a 9) portavam a escala dita antiga impressa em fita plástica de cor preta (com limites entre 60 e 800 l/minuto), na qual os valores dos fluxos são dispostos de forma equidistante, ao passo que os onze restantes (identificados com números de 10 a 20) dispunham da escala dita nova, cujos limites, situados entre 60 e 880 l/min, estão dispostos de forma não-equidistante em fita plástica de cor púrpura. Esta última, também denominada escala 'mecânica', foi elaborada para atender aos critérios preconizados pela *American Thoracic Society (ATS)*³, sem que houvesse nenhuma outra modificação na estrutura original do aparelho.

Processo de aferição e reaferição dos medidores MiniWright

Para a aferição dos medidores empregou-se uma seringa de calibração eletrônica com três litros de volume (*Jones Flow-Volume Calibrator*[®], *Jones Medical Instrument Co., Oakbrook, Illinois, USA*), também conhecida como seringa de Jones. Esta seringa foi primordialmente concebida para calibrar espirômetros; todavia, por ser um equipamento capaz de aferir fluxos, foi utilizada, alternativamente, para verificar a acurácia dos medidores de pico de fluxo expiratório.

Em uma etapa anterior a precisão desta seringa foi avaliada por meio de um sistema computadorizado de função pulmonar constituído por espirômetro de campânula em selo d'água, tipo Stead-Wells, modelo *Survey I* (*Warren E. Collins*), reconhecido internacionalmente como um equipamento de referência; o programa *Spiromatic 3.2*, previamente testado com as 24 curvas volume-tempo padronizadas e preconizadas pela ATS⁴, e um conversor analógico/digital de 12 bits na *Lynx*. A seringa apresentou resultados satisfatórios, tendo sido capaz de reproduzir os valores deste espirômetro-padrão dentro dos limites aceitáveis⁵.

Os testes foram efetuados no Laboratório de Função Pulmonar do Hospital Universitário Graffrée e Guinle da Universidade do Rio de Janeiro, exclusivamente por um dos autores (RMD), à temperatura ambiente, conectando-se o bocal do medidor de pico de fluxo à seringa de Jones, através de um tubo plástico tipo "traquéia" de 70 cm de comprimento. Para cada medidor realizaram-se oito injeções manuais com volume constante de três litros, mas com fluxos variáveis, escolhidos arbitrariamente para serem representativos das medidas possíveis na escala do medidor, simulando assim uma expiração forçada.

Após terem sido aferidos antes da primeira medição, cada aparelho foi utilizado *in vivo* de 100 a 600 vezes com o objetivo de submetê-los a um desgaste proposital, sendo então reaferidos. A reaferição se processou de modo idêntico à aferição.

Definições operacionais e análise estatística

Segundo a ATS a acurácia é representada pela diferença entre os registros do medidor de pico de fluxo expiratório e um equipamento de referência, no caso a seringa de aferição, podendo ser expressa em l/min ou em porcentagem, optando-se pelo maior destes dois valores³. Assim, para a obtenção da acurácia, foram calculadas as diferenças absolutas (em l/min) e percentuais entre os fluxos gerados pela seringa de Jones e os registros do medidor de pico de fluxo expiratório para um determinado fluxo.

Um medidor foi considerado acurado, tanto antes como após sua utilização *in vivo*, quando a diferença em relação à seringa de aferição para um dado fluxo não ultrapassou os critérios para acurácia determinados pela ATS (variações de até $\pm 10\%$ ou ± 20 l/min, optando-se pelo valor que for

maior)³, ou pela *European Respiratory Society (ERS)*, que admite variações menos amplas, quais sejam, $\pm 5\%$ ou ± 5 l/min, optando-se pela maior diferença⁶.

Para a análise estatística das diferenças de proporção observadas entre os registros dos medidores de escala equidistante e não-equidistante em relação aos fluxos gerados pela seringa de Jones, foram empregados o teste do qui-quadrado ou o teste exato de Fisher. O nível de significância considerado foi $p = 0,05$.

Resultados

Aferição dos medidores

A aferição dos medidores com escala antiga ou equidistante mostrou que as maiores diferenças absolutas entre os fluxos liberados pela seringa e os registros destes medidores ocorreram em fluxos menores que 450 l/min. Isoladamente, a maior diferença absoluta encontrada foi para o medidor número 6, no teste número 7, que foi 134,6 l/min maior do que o fluxo de 395,4 l/min liberado pela seringa. A menor diferença absoluta foi encontrada para o medidor número 8, no teste número 8, de 0,4 l/min maior do que o fluxo de 609,6 l/min gerado pela seringa.

Os medidores com escala antiga preencheram os critérios de acurácia da ATS, em sua maioria, para fluxos maiores do que 450 l/min. Já para os critérios preconizados pela ERS, estes medidores foram acurados apenas para fluxos maiores do que 500 l/min. Nenhum dos nove dispositivos deste grupo apresentou fluxos equivalentes àqueles liberados pela seringa de aferição.

A aferição dos medidores com escala nova, cujos valores são dispostos de forma não-equidistante, mostrou que a maioria dos dispositivos deste grupo apresentou registros semelhantes aos fluxos gerados pela seringa de aferição. Isoladamente, a maior diferença absoluta foi encontrada para o medidor de número 20, no teste número 2, que foi de 110,2 l/min maior do que o fluxo de 199,8 l/min gerado pela seringa de Jones. Uma única situação de equivalência foi

observada entre seringa e o medidor de número 10, para um fluxo de 315 l/min (teste número 3). De um modo geral esses medidores preencheram as exigências da ATS para quase todos os fluxos testados (97,7%), exceto em duas medidas isoladas (2,3% do total). Por outro lado, em 75,0% dos testes realizados os valores obtidos nesses medidores estiveram dentro dos limites de variação aceitos pela ERS, especialmente para fluxos superiores a 200 l/min.

A Tabela 1 apresenta a comparação entre os resultados dos testes dos medidores com escala antiga e com escala nova e demonstra que estes últimos apresentaram maior proporção de testes que atenderam os critérios de acurácia da ATS (97,7%) e da ERS (75,0%) do que os primeiros (34,7% e 22,2% respectivamente). As diferenças de acurácia entre os dois tipos de escala foram estatisticamente significativas ($p <$).

A Figura 1 mostra, graficamente, as diferenças absolutas entre os fluxos da seringa e dos medidores na aferição e revela que os medidores com escala antiga apresentaram uma tendência global de superestimação dos fluxos gerados pelo instrumento de referência, ultrapassando os limites recomendados pela ATS e ERS na faixa média de suas escalas, que compreende valores situados entre 200-500 l/min. Já os medidores com escala nova não se comportaram dessa mesma forma, apresentando valores mais próximos aos da seringa de Jones para a maioria dos fluxos testados.

Reaferição dos medidores

Na reaferição após uso, os medidores com escala antiga preencheram as recomendações da ATS e da ERS para fluxos maiores do que 450 l/min e 550 l/min, respectivamente. Já os medidores com escala nova mostraram-se em geral mais acurados, atendendo aos critérios da ATS na maioria dos testes, independentemente dos fluxos, embora tenham atendido aos critérios da ERS a partir de fluxos superiores a 150 l/min.

Tabela 1 - Acurácia dos medidores de escala antiga* e nova[†] em relação aos critérios preconizados pela *European Respiratory Society* e *American Thoracic Society* na aferição

Tipo de escala	Preenchimento dos critérios							
	ERS [‡]				ATS [§]			
	Sim		Não		Sim		Não	
n	%	n	%	n	%	n	%	
Escala antiga	16	22,2	56	77,8	25	34,7	47	65,3
Escala nova	66	75,0	22	25,0	86	97,7	2	2,3

*72 testes; [†] 88 testes (ver Métodos); [‡] $p < 0,001$; [§] $p < 0,001$

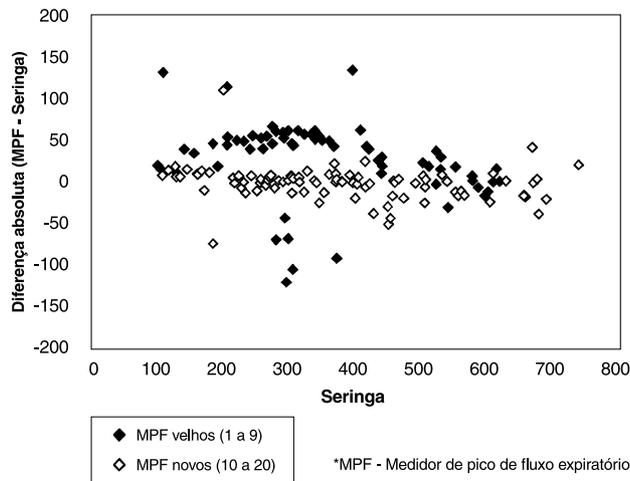


Figura 1 - Diferenças absolutas entre medidores de número 1 a 20 e a seringa de Jones

O número total de testes a que foram submetidos os medidores com escala antiga foi inferior àquele da aferição porque, após esta primeira etapa, quatro destes equipamentos foram inadvertidamente utilizados em pacientes com fibrose cística sabidamente colonizados por bactérias patogênicas, contra-indicando assim sua utilização por outros indivíduos, sadios ou acometidos por outras doenças.

A Tabela 2 apresenta a comparação entre os resultados dos testes dos dispositivos com as escalas antiga e nova após 100 a 600 medições. Observa-se que os medidores com escala nova mantiveram melhor desempenho, apresentando maior número de testes dentro dos limites propostos pela ATS (96,6%) e pela ERS (84,1%) do que seus congêneres com escala antiga (35,0% e 25,0%, respectivamente). As diferenças de acurácia entre os dois tipos de escala foram estatisticamente significativas ($p < 0,001$).

A Figura 2, construída a partir das diferenças absolutas entre os fluxos da seringa e dos medidores após reaferição, evidencia de forma gráfica, após terem sido utilizados por um mínimo de 162 vezes, os medidores com escala antiga mantiveram uma tendência global de superestimar fluxos menores do que 550 l/min, mantendo o perfil apresentado na aferição. Os medidores com escala nova, após terem sido utilizados por até 600 vezes, apresentaram registros muito coincidentes com os valores da seringa de aferição, situados, em sua maioria, dentro dos limites aceitos pela ATS e pela ERS.

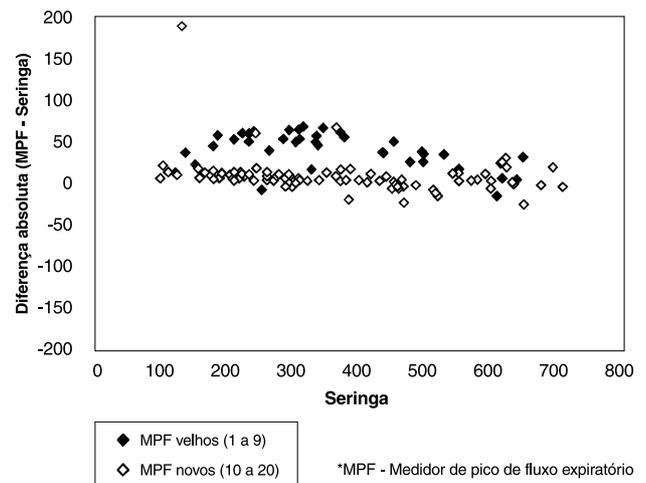


Figura 2 - Diferenças absolutas após uso, entre medidores de número 1 a 20 e a seringa de Jones

Tabela 2 - Acurácia dos medidores de escala antiga* e nova† em relação aos critérios preconizados pela *European Respiratory Society* e *American Thoracic Society* na reaferição

Tipo de escala	Preenchimento dos critérios							
	ERS‡				ATS§			
	Sim		Não		Sim		Não	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Escala antiga	10	25	30	75	14	35	26	65
Escala nova	74	84,1	14	15,9	85	96,6	3	3,4

*40 testes; † 88 testes (ver Métodos); ‡ $p < 0,001$; § $p < 0,001$

Discussão

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que a maioria dos medidores com escala antiga preencheram os critérios de acurácia propostos pela ATS e pela ERS apenas para fluxos superiores a 450 l/min e 550 l/min, respectivamente, apresentando uma tendência à superestimação de fluxos intermediários, sobretudo para aqueles situados entre 150 e 500 l/min. Esta constatação é de particular interesse em Pediatria, já que é justamente neste amplo intervalo de fluxo que se encontram os valores médios previstos para crianças e adolescentes cuja estatura varie de 110 cm a 180 cm.

Observação semelhante foi encontrada por outros autores⁷⁻¹⁰, independentemente do instrumento de referência utilizado na aferição. Miller e colaboradores⁷, por exemplo, avaliando o desempenho de seis marcas de medidores de pico de fluxo expiratório com um equipamento denominado *Archie Pincock Pump*, demonstrou que os medidores *MiniWright* de escala antiga superestimaram fluxos entre 300 e 500 l/min. As implicações práticas desta distorção são evidentes, pois o clínico diagnosticaria como normais, pacientes que, na realidade, apresentassem franco distúrbio ventilatório obstrutivo.

Para torná-los mais acurados e atender às exigências da ATS surgiram, nos últimos 3 a 4 anos, os medidores *MiniWright* com escala redimensionada, denominada então escala nova ou mecânica. No presente estudo, estes instrumentos apresentaram registros na maioria das vezes concordantes com os fluxos gerados pelo instrumento de referência. Em geral, estes medidores preencheram os critérios de acurácia preconizados pela ATS para todos os fluxos testados, enquanto que, em relação às exigências da ERS -que são mais rigorosas-, revelaram-se confiáveis para fluxos superiores a 200 l/min.

Na aferição, quando ainda novos, os medidores com escala nova mostraram-se mais acurados do que os seus congêneres com escala antiga (ver Tabela 1 e Figura 1), seja quando a comparação adotou os critérios da ATS ($p < 0,001$), seja quando os parâmetros foram os quesitos da ERS ($p < 0,001$). Esta superioridade dos medidores com escala nova sobre os seus antecessores também foi observada por Hankinson e Das¹¹ que, empregando um instrumento de comparação mais sofisticado (*Pump Wave Generator*), testaram medidores *MiniWright* com escala antiga e com escala nova, cotejando-os com as 26 curvas propostas pela ATS^{3,4}.

Mesmo adotando metodologia diferente da maioria dos trabalhos publicados na literatura sobre este tema, pois que foi utilizado um instrumento alternativo de aferição, os resultados aqui encontrados assemelham-se àqueles obtidos pelos autores que empregaram equipamentos ideais. Em que pesem as limitações próprias da seringa de calibração eletrônica em questão, como, por exemplo, a impossibilidade de programação de um determinado fluxo, a meto-

dologia empregada permitiu resultados comparáveis. O único artigo identificado na literatura que utilizou a seringa de Jones foi desenvolvido por Truong e colaboradores¹², que testaram quatro medidores de quatro diferentes marcas comerciais, a saber, *Assess*, *MiniWright*, *Vitalograph* e *DHS*. Cada aparelho foi igualmente testado com fluxos de 100 a 700 l/min, antes e após terem sido utilizados por 35 vezes, por 152 colegas sem patologias respiratórias. Os autores encontraram excelente linearidade de resposta para cada instrumento testado, bem como uma superestimação relativa com os dispositivos da marca *MiniWright*, tal como aquela encontrada no presente estudo. Todavia, a análise estatística foi feita através da correlação linear, método inadequado para este tipo de investigação.

Repetindo a performance verificada na aferição realizada antes de qualquer utilização *in vivo*, os dispositivos com escala nova também mostraram-se mais acurados do que aqueles com escala antiga após 100 a 600 medições (ver Tabela 2 e Figura 2), tanto em relação aos quesitos da ATS ($p < 0,001$) quanto àqueles preconizados pela ERS ($p < 0,001$). Existem alguns trabalhos sobre a vida útil dos medidores de pico de fluxo expiratório, porém, seus resultados são conflitantes e ainda não há um consenso sobre sua durabilidade^{8,13,14}.

Assim sendo, é recomendável que estes dispositivos sejam inspecionados e reaferidos, periódica e sistematicamente, para se verificar o comportamento de sua acurácia. Para tanto, a seringa de Jones - de custo relativamente acessível e por isso adequada à realidade brasileira - deveria ser disponibilizada pelo menos nos serviços de referência, uma vez que a verificação rotineira do pico de fluxo expiratório é um procedimento consagrado internacionalmente e de emprego crescente entre nós.

Os resultados obtidos sugerem ainda que os medidores *MiniWright* com escala antiga que estejam em uso sejam substituídos pelos seus sucedâneos de escala nova pois que, antes e após sua utilização *in vivo*, os primeiros revelaram-se inacurados em um intervalo de fluxo que corresponde àquele dos valores de referência para crianças e adolescentes. É necessário dispensar atenção especial à escala dos medidores da marca *MiniWright* que estejam em uso ou que venham a ser adquiridos, pois podem ser ainda encontrados no mercado e em alguns serviços dispositivos com escala antiga. Os aparelhos com escala nova ou mecânica são facilmente identificáveis pela fita plástica de cor púrpura que tem inscrita a sigla ATS 94 na sua porção inferior.

Referências bibliográficas

1. Polgar G, Weng T. The functional development of the respiratory system from the period of gestation to adulthood. *Am Rev Respir Dis* 1979; 120:625-95.
2. Cross D, Nelson HS. The role of the peak flow meter in the diagnosis and management of asthma. *J Allergy Clin Immunol* 1991; 87:120-8.

3. American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:1107-36.
4. American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1987 update. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136:1285-98.
5. Dias RM. Desempenho de sistemas computadorizados de espirografia em uso no Brasil. *J Pneumol* 1995; 21:232-6.
6. Quanjer PH, Lebowitz MD, Gregg I, Miller MR, Pedersen OF. Peak expiratory flow: conclusions and recommendations of a Working Party of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1997; 10:2S-8S.
7. Miller MR, Dickinson SA, Hitchings DJ. The accuracy of portable peak flow meters. *Thorax* 1992; 47:904-9.
8. Shapiro SM, Hender JM, Ogirala RG, Aldrich TK, Shapiro MB. An evaluation of the accuracy of Assess and MiniWright peak flow meters. *Chest* 1991;99:358-62.
9. Jackson AC. Accuracy, reproducibility, and variability of portable peak flow meters. *Chest* 1995; 107: 648-51.
10. Folgering WVD, Brink OV, Heeswijk CV, Herwaarden CV. Eleven peak flow meters: a clinical evaluation. *Eur Respir J* 1998; 11:188-93.
11. Hankinson JL, Das MK. Frequency response of portable PEF meters. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:702-6.
12. Truong M, Iniguez JL, Chouhou D. Mesure du débit expiratoire de pointe chez les jeunes enfants: comparaison de quatre appareils portables. *Arch Pédiatr* 1995; 2:324-7.
13. Miles JF, Bright P, Ayres JG, Cayton RM, Miller MR. The performance of MiniWright peak flow meters after prolonged use. *Respir Med* 1995;89:603-5.
14. Douma WR, Van der Mark TW, Folgering HTM, Kort E, Kerstjens HAM, Koeter GH, et al. MiniWright peak flow meters are reliable after 5 years. *Eur Respir J* 1997; 10: 457-9.

Endereço para correspondência:

Dr. Paulo Augusto Moreira Camargos
Faculdade de Medicina da UFMG - Depto. de Pediatria
Av. Alfredo Balena 190 - sala 4061
30130-100 - Belo Horizonte - MG
Fone: (31) 248.9641 – Fax: (31) 248.9664
E-mail: pcamargs@medicina.ufmg.br