

Artigo original

Técnica de oscilações forçadas na avaliação funcional de crianças asmáticas.

Forced oscillation technique in the evaluation of asthmatic children.

Georgia Alencar Franco de Souza¹, Álvaro Camilo Dias Faria¹, Agnaldo José Lopes², José Manoel Jansen², Eduardo Costa da Silva³, Pedro Lopes de Melo^{1,4}

RESUMO

Objetivo: Investigar as alterações nas propriedades resistivas e reativas do sistema respiratório de crianças asmáticas e avaliar a contribuição da técnica de oscilações forçadas (FOT) no diagnóstico da asma. **Metodologia:** O estudo foi realizado em um grupo controle de 20 crianças saudáveis, e em um grupo de 20 crianças asmáticas, que foram avaliadas pela FOT e espirometria. **Resultados:** Considerando os parâmetros resistivos da FOT, houve um aumento significativo na resistência total do sistema respiratório (R0) ($p < 0,02$) e não significativo na resistência média (Rm), além de uma redução significativa da inclinação do componente resistivo da impedância (S) ($p < 0,002$), no grupo de crianças asmáticas. Nos parâmetros reativos, a complacência dinâmica (Cdin,sr) mostrou-se significativamente ($p < 0,01$) menor, sendo acompanhada pela redução da reatância média (Xm) ($p < 0,01$) e pela elevação significativa da frequência de ressonância (fr) ($p < 0,03$) no grupo de crianças asmáticas. **Conclusão:** Os resultados do presente estudo são coerentes com a fisiopatologia da asma. A FOT descreveu adequadamente estas alterações, demonstrando elevado potencial na avaliação da mecânica pulmonar de crianças asmáticas.

Descritores: instrumentação biomédica, mecânica respiratória, técnica de oscilações forçadas, asma.

ABSTRACT

Objective: To investigate the alterations on resistive and reactive properties of the respiratory system and evaluate the contribution of the forced oscillation technique (FOT) on the diagnosis of the asthma in children. **Methodology:** The study was performed in a control group formed by 20 healthy children and 20 asthmatic children, which were evaluated by FOT and spirometry. **Results:** Considering the resistive parameters of the FOT in the asthmatic children group, the total respiratory system resistance (R0) had significant increase ($p < 0,02$) and a not significant increase in mean respiratory resistance (Rm), and a significant decreased of the resistance/frequency slope (S) ($p < 0,02$). The reactive parameters, the dynamic compliance (Cdin) and the mean respiratory reactance (Xm) presented significant ($p < 0,01$) reduction, and significant increase resonance frequency (fr) (0,03). **Conclusion:** The results of the present study, demonstrate that the FOT is useful for detecting the respiratory mechanics modifications. This indicate that the FOT has a high potential in evaluating respiratory mechanics of asthmatic children.

Keywords: biomedical instrumentation, respiratory mechanics, forced oscillation technique (FOT), asthma.

INTRODUÇÃO

A asma é uma doença inflamatória crônica, caracterizada por hiperresponsividade das vias aéreas inferiores e limitação variável ao fluxo aéreo reversível espontaneamente ou com tratamento. Seu principal fator fisiopatológico é a inflamação brôn-

quica, que está presente em todos os níveis da doença. As alterações decorrentes da asma ocorrem nas pequenas e nas grandes vias aéreas, a redução do calibre das vias aéreas leva ao aumento da resistência à passagem do ar, ocasionando obstrução ao fluxo aéreo em consequência, além da inflamação

1. Laboratório de Instrumentação Biomédica (LIB). Instituto de Biologia e Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).
2. Laboratório de Função Pulmonar do Hospital Universitário Pedro Ernesto. Disciplina de Pneumologia e Tisiologia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).
3. Ambulatório de Alergia e Imunologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).
4. Laboratório de Pesquisas Clínicas e Experimentais em Biologia Vascular (BioVasc).
Trabalho realizado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) com apoio do CNPq e FAPERJ. Este trabalho não apresenta conflito de interesse.

Endereço para correspondência: Georgia Alencar Franco de Souza. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, térreo, sala 104, CEP 20550-013, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Tel:55 (0xx 21) 2334-0705. Fax: 55(0xx21) 2334-0692. E-mail: plopes@uerj.br.
Recebido em 10/08/2009 e aceito em 03/09/2009, após revisão.

brônquica, de outros fatores que são: a contração da musculatura lisa dos brônquios, o espessamento da parede das vias aéreas, as alterações vasculares e a hipertrofia das glândulas secretoras de muco. A asma é a doença inflamatória crônica mais frequente na infância, e cerca de 70% das crianças asmáticas iniciam seus sintomas durante os primeiros anos de vida.¹

As alterações de mecânica respiratória decorrentes da asma são, usualmente, analisadas por meio da espirometria, entretanto em crianças com idade inferior a 5 anos o diagnóstico de asma, na maioria dos casos, é realizado com base na avaliação clínica, pela combinação de sintomas e dados clínicos, devido à dificuldade na realização do exame, por este exigir compreensão e cooperação da criança para a realização de manobras expiratórias forçadas, o que leva a uma limitação na sua utilização.^{1,2}

De maneira a evitar estes inconvenientes, a técnica de oscilações forçadas (FOT) vem sendo investigada na avaliação da função pulmonar de crianças. Esta técnica permite grande simplicidade na realização dos exames, por demandar apenas cooperação passiva, assim como a obtenção de parâmetros respiratórios complementares aos obtidos pela espirometria. A técnica baseia-se na aplicação de sinais senoidais de pressão de baixa amplitude, no sistema respiratório de uma criança respirando espontaneamente, sendo que as medidas da pressão e do fluxo correspondentes permitem a estimativa da impedância do sistema respiratório, que descreve as propriedades resistivas e elásticas deste sistema.

Os novos parâmetros derivados da FOT possibilitam uma análise mais detalhada do sistema respiratório das crianças asmáticas, apresentando grande potencial em promover um melhor entendimento da fisiopatologia da asma e contribuir para detecção das alterações da mecânica respiratória, assim como facilitar a realização de testes de função pulmonar em condições em que as técnicas tradicionais não são adequadas.^{3,4} Apesar das vantagens descritas, existe a necessidade de mais estudos nesta área e, de maneira geral, a aplicação da FOT depende da identificação dos parâmetros mais adequados ao diagnóstico e acompanhamento de cada doença respiratória em particular.⁵ Neste sentido, nosso grupo vem conduzindo diversos estudos, com o objetivo de viabilizar a utilização clínica da FOT, otimizando a metodologia e o sistema de medida, em função das características específicas de cada uma das diversas doenças respiratórias.

Tendo por base este contexto, o presente trabalho tem por objetivo: (1) investigar as alterações nas propriedades resistivas e reativas do sistema respiratório de crianças asmáticas e (2) avaliar a contribuição da FOT no diagnóstico da asma.

METODOLOGIA

A fase experimental desta pesquisa foi desenvolvida no Serviço de Pneumologia do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE), tendo sido aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da referida instituição. Foi obtido o consentimento livre e esclarecido de todos os voluntários, através de seus responsáveis, os quais receberam orientações sobre a técnica e o procedimento do estudo. O protocolo obedeceu às orientações da Declaração de Helsinki.⁶

Foram estudadas 20 crianças com valores espirométricos dentro dos limites de normalidade, provenientes do Serviço de Pediatria do HUPE, para a elaboração do grupo controle. Foram também analisadas 20 crianças asmáticas, provenientes do Ambulatório de Alergia e Imunologia do HUPE.

Os exames foram realizados no Laboratório de Provas de Função Pulmonar do Hospital Universitário Pedro Ernesto. Na realização dos exames com a FOT, as crianças permaneceram com a cabeça em posição neutra e utilizaram um clipe nasal. As mesmas respiravam calma e espontaneamente, através de um bocal de silicone, tendo as bochechas sustentadas com as mãos, com a finalidade de minimizar o efeito *shunt*.³ O sistema empregado para as análises de FOT aplica sinais senoidais de pressão, com frequências múltiplas inteiras de 2Hz, na faixa compreendida entre 4 e 32 Hz.⁷ O exame era iniciado, após a adaptação da criança ao equipamento, sendo considerado tecnicamente adequado quando a função de coerência mínima fosse de 0,9.⁸ Considerando este fato, três medidas, com duração 16 segundos cada, foram utilizadas para o cálculo do resultado final do exame, obtido a partir da média. Os exames espirométricos consideraram os seguintes parâmetros: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), relação entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo e a capacidade vital forçada (VEF₁/CVF), fluxo expiratório forçado entre 25 e 75 % da CVF (FEF_{25-75%}) e a relação entre o fluxo expiratório forçado e capacidade vital forçada (FEF/CVF). Os exames espirométricos seguiram as orientações das Diretrizes para Teste de Função Pulmonar² e a classificação da obstrução seguiu as normas da *American Thoracic Society*.⁹

Os dados são apresentados como média e desvio padrão. A análise estatística foi realizada pelo software *STATISTICA 5.0* (StatSoft Inc, Tulsa, USA), utilizando o teste Mann Whitney U- test e o teste-t independente (Origin 6.0), para avaliar as alterações entre o grupo controle e o grupo de crianças asmáticas.

O pacote comercial Medcalc 8.0 (MedCalc, Bélgica), foi utilizado para avaliar a aplicação clínica dos parâmetros do FOT. Para este fim, foram elaboradas curvas ROC (*receiver operating characteristic*), visando avaliar a área sob curva (AUC), sensibilidade

de (Se), especificidade (Sp) e ponto de corte dos parâmetros relacionados à FOT.

RESULTADOS

As características biométricas dos grupos estudados são descritas na tabela 1. Não houve diferença significativa entre os grupos.

Tabela 1- Características biométricas dos grupos estudados.

	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Altura (cm)
Controle	8,2±2,0	28,6±11,2	131,2±16,5
Asmáticos	8,0±2,1	28,2±7,4	129,1±12,3
p	ns	ns	ns

A tabela 2 mostra os resultados obtidos na espirometria das crianças normais e das asmáticas. Considerando os dois grupos estudados, os parâmetros analisados apresentaram alterações significativas, excetuando-se CVF(L), CVF% e VEF₁.

A figura 1 apresenta os resultados dos parâmetros resistivos obtidos por meio da FOT. Foram observados aumentos significativos na resistência total do sistema respiratório (R0) ($p<0,02$) e na inclinação do componente resistivo da impedância (S) ($p<0,002$) e uma alteração não significativa na resis-

tência média (Rm), no grupo de crianças asmáticas. A figura 2 nos mostra os resultados dos parâmetros reativos. Observaram-se significativas reduções na complacência dinâmica do sistema respiratório (Cdin) ($p<0,01$), na reatância média (Xm) ($p<0,02$) e na frequência de ressonância (fr) ($p<0,03$), no grupo das crianças asmáticas.

Tabela 2 – Características espirométricas dos grupos.

Parâmetro	Controle	Asmáticos	p
CVF (L)	1,6±0,7	1,8±0,5	ns
CVF (% predito)	98,1±23,0	102,1±17,9	ns
VEF ₁ (L)	1,5±0,6	1,4±0,4	ns
VEF ₁ (% predito)	102,7±18,3	89,1±13,6	0
VEF ₁ /CVF (%)	95,5±5,0	77,6±4,5	0
VEF ₁ /CVF (% predito)	104,1±4,5	86,2±5,2	0
FEF _{25-75%} (L/s)	2,4±0,5	1,1±0,3	0
FEF _{25-75%} (%)	127,0±29,9	56,8±11,2	0
FEF _{25-75%} /CVF (%)	149,8±47,2	64,0±14,1	0

As Curvas ROC são apresentadas nas figuras 3 e 4. Os respectivos valores de sensibilidade, especificidade, área sob a curva e pontos de corte utilizados são descritos na tabela 3.

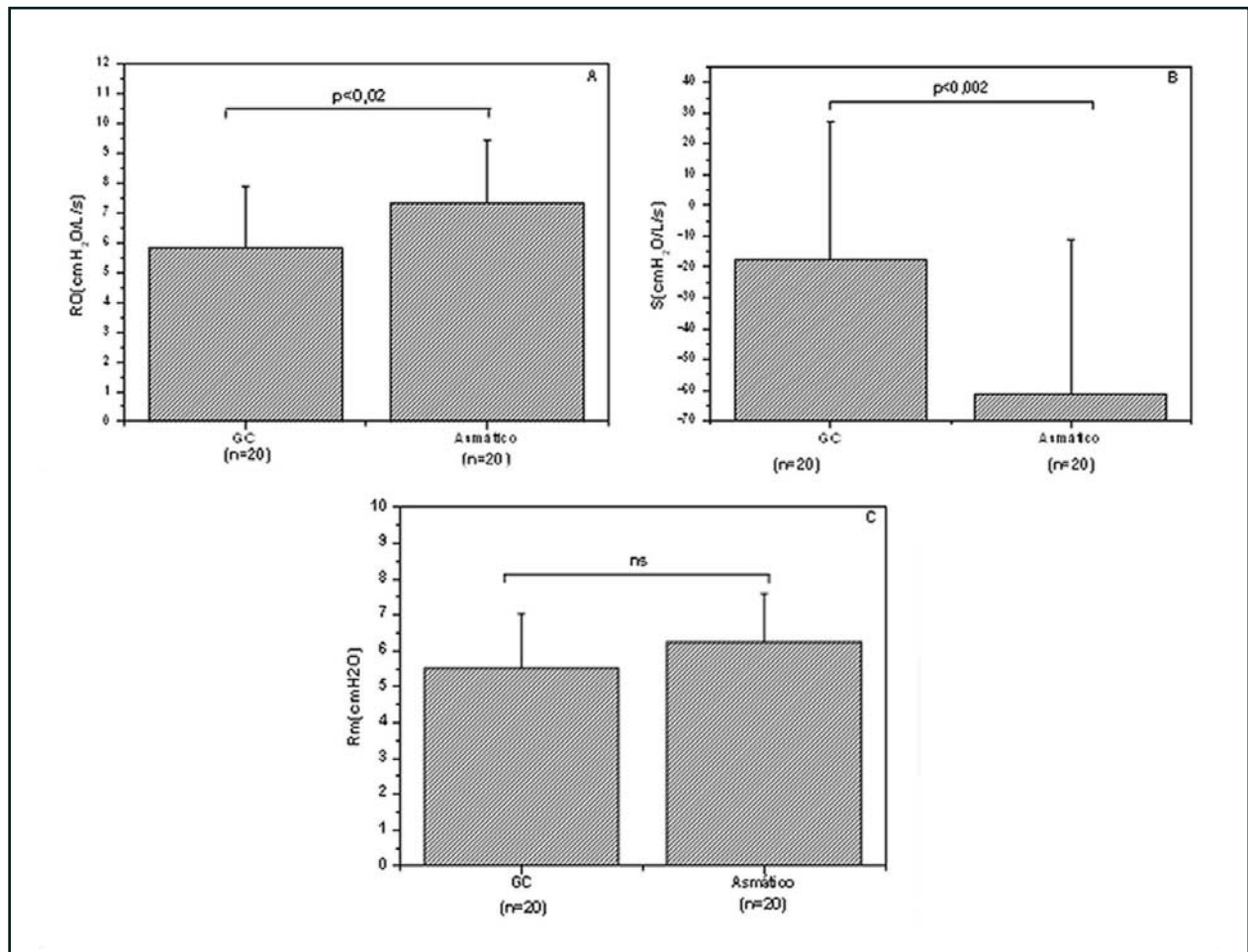


Figura 1 – Comportamento de R0 (A), Rm (B) e S (C) no grupo controle (GC) e asmático.

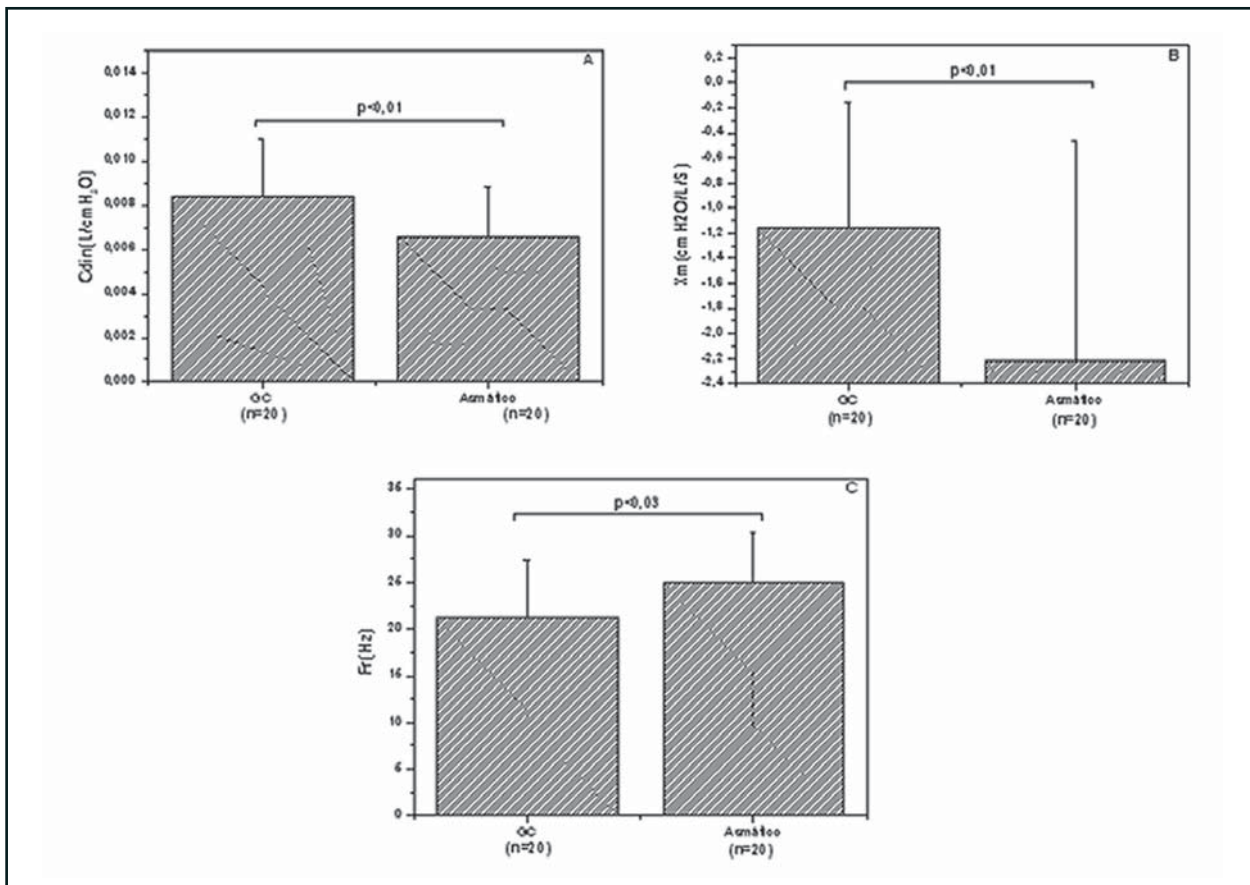


Figura 2 - Comportamento de Cdin (A), Xm (B) e fr (C) no grupo controle (GC) e asmático.

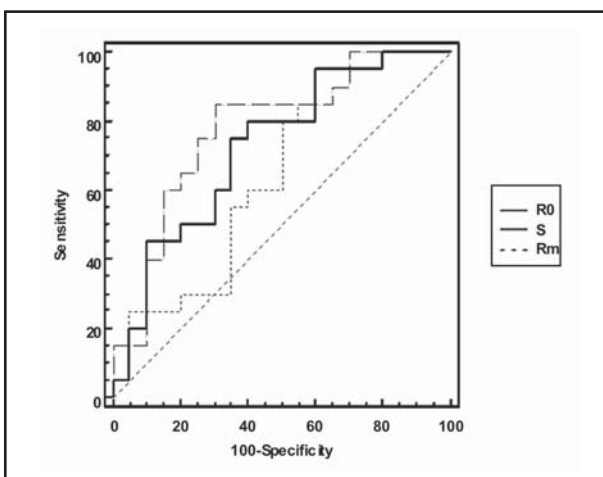


Figura 3 – Curvas ROC para os parâmetros R0, S e Rm.

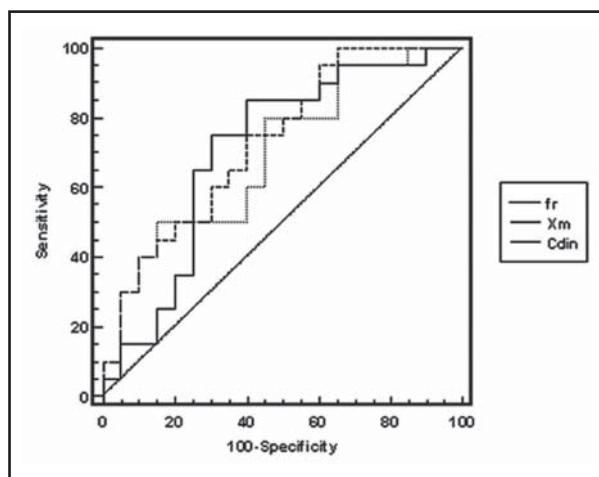


Figura 4 – Curvas ROC para os parâmetros Cdin, Xm e fr.

Tabela 3 – Valores de área sob a curva (ROC), sensibilidade (Se), especificidade (SP) e respectivos pontos de corte otimizados para os parâmetros de FOT.

	AUC	Se (%)	Sp (%)	Corte
R0 (cmH ₂ O/L/s)	0,73	75	65	5,9
Rm (cmH ₂ O/L/s)	0,65	60	60	5,7
S (cmH ₂ O/L/s ²)	0,78	85	70	-17,7
Xm (cmH ₂ O/L/s ²)	0,73	75	68	-1,2
Cdin (L/cmH ₂ O)	0,7	60	60	0,01
fr (Hz)	0,71	75	70	23,5

DISCUSSÃO

As características biométricas dos grupos estudados (tabela 1) são similares, apresentando apenas diferenças não significativas entre as variáveis analisadas.

A redução de VEF₁%, em associação à redução de relação VEF₁/CVF, é indicativa de obstrução brônquica, fenômeno característico na asma. O FEF_{25-75%} também se encontra reduzido com a obstrução brônquica, o mesmo acontecendo com FEF/CVF. Podemos perceber que os parâmetros citados apresentam-se reduzidos

no grupo de crianças asmáticas, resultados coerentes com a fisiopatologia da asma.¹⁰ As crianças asmáticas estudadas foram classificadas com obstrução leve, conforme descrição pelas normas da ATS.

O aumento de R0 (figura 1A), que está relacionado à resistência total do sistema respiratório, ou seja, de vias aéreas, do parênquima pulmonar e do tecido de caixa torácica, pode estar relacionado à obstrução ao fluxo aéreo, associado à diminuição do calibre das vias aéreas.¹¹

Os valores de Rm, parâmetro associado a vias aéreas centrais,¹² apresentaram tendência a valores mais elevados no grupo de crianças asmáticas, porém com diferença não significativa do ponto de vista estatístico, quando comparados com o grupo de crianças normais (figura 1B). Esta tendência pode estar relacionada ao fato das alterações fisiopatológicas da asma afetarem principalmente as vias aéreas periféricas.¹³

A figura 1C descreve o comportamento de S nos dois grupos. Este parâmetro está associado à homogeneidade do sistema respiratório.¹⁴ Observamos uma redução significativa no grupo de crianças asmáticas, o que sugere a introdução de importante redução da homogeneidade do sistema respiratório deste grupo, que pode estar relacionado à diminuição do calibre das vias aéreas, e conseqüente desequilíbrio nas constantes de tempo do sistema respiratório, levando a uma ventilação não homogênea do pulmão destas crianças.⁸

Considerando a Cdin (figura 2A), parâmetro que descreve a complacência total do sistema respiratório,¹⁶ observamos uma redução significativa da complacência no grupo de crianças asmáticas, que pode estar associado ao aumento da resistência das vias aéreas periféricas, decorrente da obstrução ao fluxo aéreo. Outros possíveis motivos se referem às alterações estruturais relacionadas ao remodelamento brônquico, que levam a uma diminuição da complacência das paredes das vias aéreas e à contração da musculatura lisa dos brônquios, que os torna mais enrijecidos. Na figura

2B, a Xm apresenta-se reduzida no grupo de crianças asmáticas. Este parâmetro está relacionado com a homogeneidade do sistema respiratório, e pode estar reduzido devido à obstrução ao fluxo aéreo e à redução da complacência dinâmica, que promovem desequilíbrios na distribuição da ventilação pulmonar.

Na figura 2C observamos que a *fr* se apresenta mais elevada no grupo de crianças asmáticas, em relação às crianças normais. Isto pode estar relacionado à ausência de comportamento homogêneo do sistema respiratório, em decorrência da obstrução aérea periférica e de alterações estruturais das vias aéreas, que ocasionam desequilíbrios na ventilação pulmonar.

Considerando os valores de áreas sob as curvas ROC (tabela 3), e comparando controles e crianças com exame espirométrico normal, observa-se que R0, S, Xm e *fr* apresentam valores que se aproximam do considerado como boa acurácia (0,80).¹⁶ No entanto, não foram observados valores que permitam identificar adequadamente crianças asmáticas com alterações ainda não detectadas pela espirometria.

Os resultados do presente estudo são coerentes com a fisiopatologia da asma, que foi descrita adequadamente pelos parâmetros obtidos pela FOT. Em termos de uso diagnóstico, o trabalho fornece evidências de que R0, S, Xm e *fr* podem ser úteis na avaliação de crianças asmáticas com obstrução leve (tabela 3).

Apesar deste estudo demonstrar que a FOT é um método promissor de avaliação da mecânica pulmonar de crianças asmáticas, ainda são necessários estudos para sua utilização na prática clínica, em especial no que tange o diagnóstico da asma em crianças.

AGRADECIMENTOS

Às equipes do Laboratório de Prova de Função Pulmonar, do Setor de Alergia e Imunologia e Serviço de Pediatria do HUPE pelo apoio, a Dr^a Isabel Rey Madeira pela colaboração e aos colegas do LIB-UERJ. Ao CNPq e a FAPERJ pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS:

1. III Consenso Brasileiro no Manejo de Asma. J Pneumol 2002;28(1).
2. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar. J Pneumol 2002;28(3).
3. Melo PL, Werneck MM, Giannella-Neto A. Avaliação da mecânica ventilatória por oscilações forçadas: fundamentos e aplicações clínicas. J Pneumol 2000;26(4):194-206.
4. Frey U. Forced oscillation technique in infants and young children. Respir Med 2005;6:246-54.
5. Oostven E, MacLeod D, Lorino H, Farré R, Hantos Z, Desager K, et al.. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. Eur Respir J 2003;22(6):1026-41.
6. Declaração de Helsinki da Associação Médica Mundial. 52ª Assembléia Geral da Associação Médica Mundial, Edinburgo, Escócia 2000.
7. Melo PL, Werneck MM, Giannella-Neto A. A new impedance spectrometer for scientific and clinical studies of the respiratory system. Review of Scientific Instruments 2000;71(7):2867-72.
8. Di Mango AMGT, Lopes AJ, Jansen JM, Melo PL. Changes in respiratory mechanics with increasing degrees of airway obstruction in COPD: Detection by forced oscillation technique. Respir Med 2006;100:399-410.
9. American Thoracic Society: Lung Function Testing: Selection of Reference Values and Interpretative Strategies. Am Rev Respir Dis 1991;144:1202-18.
10. Hyatt R E, Scadon P D, Nakamura M. Interpretation of pulmonary function test. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997.
11. Melo PL, Werneck MM, Giannella-Neto A. Design and application of a system for asthma evaluation by the forced oscillation technique. Free Communications Book of the World Congress of Asthma 1999;225-9.

12. MacLeod D, Birch M. Respiratory input impedance measurement: forced oscillation methods. *Med Biol Eng Comput* 2001;39:505-16.
13. GINA - Global Initiative for Asthma, 2002.
14. Brochard L, Pelle G, de Palmas J, Brochard P, Carre A, Lorino H, et al. Density and frequency dependence of resistance in early airway obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1987;135(3):579-84.
15. Zerah F, Lorino AM, Lorino H, Harf A, Macquin- Mavier I. Forced oscillation technique vs spirometry to assess broncodilation in patients with asthma and COPD. *Chest* 1995;108:41-7.
16. Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 1998; 240:1285-93.