

Artigo original

Análise do efeito da obesidade sobre as propriedades resistivas e elásticas do sistema respiratório por oscilações forçadas.

Analysis of the effect of obesity on the resistive and reactive properties of the respiratory system by forced oscillations.

Flávio Bellotti de Oliveira¹, Luís Guilherme K. Aguiar², Eliete Bouskela³, José Manoel Jansen⁴ e Pedro Lopes de Melo⁵.

RESUMO

Introdução: obesidade é o acúmulo de tecido gorduroso, regionalizado ou em todo corpo, resultante da diferença entre consumo e gasto energético, causada por doenças genéticas, endócrino-metabólicas ou por alterações nutricionais. Esta condição introduz importantes alterações na mecânica respiratória, onde o aumento da massa, particularmente abdominal, modifica o balanço estático do sistema respiratório. A Técnica de Oscilações Forçadas (FOT), apresenta novos parâmetros que permitem uma análise detalhada do sistema respiratório. No entanto, poucos trabalhos incluíram estas avaliações, sendo apenas um dedicado especificamente a este tema. Este estudo visa analisar a influência do excesso de massa corporal nas propriedades resistivas e elásticas do sistema respiratório. **Metodologia:** foram analisados indivíduos obesos (n=25) e controle (n=25), sem história de doença pulmonar e/ou tabagismo. Os voluntários foram classificados como obesos quando o Índice de Massa Corporal (IMC) encontrava-se acima de 30kg/m². Todos os indivíduos realizaram os exames de FOT. **Resultados:** a massa e o IMC apresentaram-se significativamente elevados nos obesos (p<0,0001). Foram observadas pequenas alterações, porém significativas, na resistência total (p<0,0005) e na homogeneidade (p<0,0001) do sistema respiratório. Os valores médios de resistência associada às vias aéreas foram similares, não apresentando diferença estatística (p>0,05). Apesar da redução na complacência dinâmica, não houve significância estatística (p>0,05). **Conclusão:** os resultados demonstram que a FOT fornece parâmetros consistentes com evidências experimentais obtidas por outros métodos, assim como com as alterações fisiológicas envolvidas no processo de ganho de massa, confirmando o elevado potencial de uso clínico desta técnica na avaliação de distúrbios respiratórios associados à obesidade.

Descritores: obesidade; mecânica respiratória; técnica de oscilações forçadas; instrumentação biomédica.

ABSTRACT

Introduction: obesity is defined as regional or diffuse accumulation of fat tissue due to difference of energy gain and loss, caused by genetic diseases, metabolic-endocrine disorders or nutritional alterations. The increase in body mass, particularly abdominal, alters the respiratory system static balance. The Forced Oscillation Technique (FOT) permits a detailed analysis of the respiratory system. However, few works have been reported including these evaluations, and just one paper was specifically dedicated to this subject. In this context, the objective of this study was to evaluate the influence of the Body Mass Index (BMI) in the resistive and reactive properties of the respiratory system. **Methodology:** volunteers were divided in two groups, obese subjects (n=25) and the control group (n=25). Both groups had not history of pulmonary disease and tobacco use. Subjects were classified as obese when the BMI measurement was over 30kg/m². **Results:** body mass and BMI were significantly increased in obese group (p<0.0001). Total resistance (p<0.0005) and homogeneity (p<0.0001) were increased significantly. The median values of the resistance associated with the airways were similar, without statistical difference (p>0.05). It was observed a decreasing of the dynamic compliance, but it was not statistically significant (p>0.05). **Conclusion:** the findings show that FOT provided parameters which are consistent with experimental evidences obtained by other techniques, as well as the physiological alterations involved in the process of mass gain. This confirms the elevated potential of clinical use of this technique in the evaluation of respiratory disturbance associated with obesity.

Keywords: obesity; respiratory mechanics; forced oscillation technique; biomedical instrumentation.

1. Fisioterapeuta, mestrando PGCM/UERJ, Laboratório de Instrumentação Biomédica – LIB

2. Médico, doutorando Clinex/UERJ, Laboratório de Pesquisas em Microcirculação – LPM

3. Médica PhD, Laboratório de Pesquisas em Microcirculação – LPM

4. Médico, PhD, Laboratório de Provas de Função Pulmonar – Disciplina de Pneumologia

5. Engenheiro, D.Sc., Laboratório de Instrumentação Biomédica – LIB.

Local de realização: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Apoio financeiro: CNPq e FAPERJ.

Endereço para correspondência: Pedro Lopes de Melo. Rua São Francisco Xavier, 524, sala 104, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20550-013. Tel: (21) 2587-7773, fax: 2587-7760, e-mail: plopes@uerj.br

Recebido em 20/09/2006 e aceito em 01/11/2006, após revisão.

INTRODUÇÃO

A obesidade é definida como o acúmulo de tecido gorduroso, regionalizado, ou em todo o corpo, resultante da diferença entre consumo e gasto energético, causada por doenças genéticas, endócrino-metabólicas ou por alterações nutricionais.¹ Em relação à saúde preventiva, tem sido demonstrada uma forte associação entre a maior quantidade de tecido adiposo no organismo e manifestações de cardiopatias, hipertensão arterial sistêmica, doença coronariana, *diabetes mellitus* e alterações bioquímicas como a hiperlipidemia.² A obesidade afeta um número estimado de 300 milhões de pessoas no mundo.³ No Brasil, em 1989, aproximadamente 8% da população adulta era obesa, em um total de 6,8 milhões de pessoas, sendo 70% mulheres.⁴

A obesidade introduz importantes alterações na mecânica respiratória. Em obesos, a capacidade residual funcional e o volume de reserva expiratório se reduzem quando o indivíduo se encontra sentado, podendo reduzir-se ainda mais na posição supina, devido ao aumento do efeito gravitacional decorrente do abdome volumoso.⁵ Na presença de obesidade excessiva, ocorre redução da capacidade pulmonar total e da capacidade vital forçada, constituindo-se um quadro restritivo.⁶ A eventual redução dos fluxos aéreos é consequência da diminuição da capacidade vital forçada, mas nem sempre isto ocorre, sendo difícil prever o efeito da obesidade sobre a função pulmonar.⁶ As alterações introduzidas no sistema ventilatório pelo aumento da massa, particularmente no componente abdominal da parede torácica, modificam o balanço estático do sistema respiratório.⁷ As análises dos volumes pulmonares destes indivíduos mostraram comportamento restritivo com redução nos volumes pulmonares que, em obesidade acentuada, pode alcançar 20 a 30% da capacidade pulmonar total e da capacidade vital.⁷

A Técnica de Oscilações Forçadas (FOT), descrita por DuBois *et al.*, (1956), apresenta como principais vantagens demandar apenas a cooperação passiva do paciente e a obtenção de novos parâmetros respiratórios.⁸ Esta técnica é baseada na aplicação de oscilações de pressão de baixa amplitude, no sistema respiratório de um indivíduo respirando espontaneamente, sendo que a medição da pressão e do fluxo correspondente permitem a estimativa da impedância respiratória (Zrs). Trabalhos recentes mostram que os novos parâmetros obtidos por meio da FOT permitem uma análise detalhada do sistema respiratório, contribuindo para um melhor entendimento das alterações presentes em diversos processos patológicos.⁹⁻¹¹ No entanto, apesar do elevado potencial apresentado pela FOT no estudo de indivíduos obesos, poucos trabalhos têm incluído estas avaliações, sendo que apenas um foi dedicado especificamente a este tema.^{7,12,13}

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo principal analisar as alterações da mecânica ventilatória presentes em indivíduos obesos, verificando a

influência do excesso de massa nas propriedades resistivas e reativas do sistema respiratório. Para este fim, foi realizada uma análise comparativa entre os parâmetros obtidos em grupos de voluntários compostos por indivíduos com massa corporal dentro da normalidade e por voluntários obesos.

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Instrumentação Biomédica, em conjunto com o Laboratório de Pesquisas em Microcirculação, ambos da UERJ, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da referida instituição. Foram obtidos os consentimentos pós-informados de todos os voluntários e o protocolo obedeceu às orientações da Declaração de Helsinki.¹⁴

A metodologia de realização dos ensaios de FOT, assim como a instrumentação empregada, foram descritas em trabalhos complementares.^{15,16} Basicamente, o instrumento utilizado na presente pesquisa aplica um sinal de pressão contendo todas as harmônicas de 2Hz, entre 4 e 32Hz, ao sistema respiratório de um indivíduo ventilando espontaneamente. Assim, é avaliada a impedância respiratória (Zrs) dentro da faixa de frequências estudada, parâmetro que contém uma componente real, a resistência do sistema respiratório (Rrs), e uma componente imaginária, a reatância do sistema respiratório (Xrs). Por meio da regressão linear da curva de resistência (Rrs), efetuada na faixa de frequência entre 4 e 16Hz, foi obtida a resistência no intercepto (R0) e o coeficiente angular da resistência (S). A resistência no intercepto está associada à resistência total do sistema respiratório, incluindo o efeito das vias aéreas, do tecido pulmonar e da parede torácica, assim como o efeito da redistribuição do gás. Por outro lado, S descreve a alteração da resistência com a frequência, estando relacionado às não-homogeneidades do sistema respiratório. Com base na reatância obtida em 4Hz (Xrs,4Hz), foi calculada a complacência dinâmica do sistema respiratório (Crs,dyn).

Durante o exame, o indivíduo permaneceu sentado em frente ao aparelho, acoplado por um bocal de silicone, utilizando um clipe nasal e segurando firmemente as bochechas com as próprias mãos, a fim de reduzir o efeito *shunt* das vias aéreas superiores. Foram realizados três ensaios consecutivos, cada um com aproximadamente 16 segundos de duração, obtendo a média como resultado final. A função de coerência mínima utilizada para aceitação dos resultados foi de 0,9.

Voluntários

Os voluntários foram divididos em dois grupos: indivíduos obesos (n=25) e o grupo controle (n=25). Os voluntários do grupo controle, assim como os que compõem o grupo de obesos, não apresentavam história de doença pulmonar e/ou tabagismo. Os voluntários foram classificados como obesos quando o Índice de Massa Corporal (IMC) encontrava-se acima de 30kg/

m².¹⁷ Os pacientes foram provenientes dos estudos das alterações do sono e obesidade, ambos desenvolvidos no Laboratório de Pesquisa e Microcirculação.

Processamento dos resultados, apresentação e análise estatística

O comportamento dos parâmetros resistivos foi descrito por meio da regressão linear dos resultados na faixa compreendida entre 4 e 32Hz, de modo a obter a resistência no intercepto (R_0), a resistência média (R_m) e a inclinação da curva (S).⁷ O comportamento do componente reativo foi descrito por meio da complacência dinâmica do sistema respiratório ($C_{rs,dyn}$).¹⁸ Os resultados foram apresentados como média \pm DP. As comparações entre os resultados foram efetuadas empregando-se o teste t não pareado, utilizando o programa ORIGIN 6.0 (Microcal Software Inc).

RESULTADOS

As medidas antropométricas de ambos os grupos estão descritas na tabela 1. Os grupos estudados são similares em termos de idade e a altura, como mostra a comparação estatística ($p > 0,05$). A massa e o IMC, conforme esperado, apresentam-se mais elevados no grupo de obesos (ambos com significância estatística, $p < 0,0001$).

Tabela 1: Medidas antropométricas dos grupos estudados

	Idade (anos)	Altura (m)	Massa (kg)	IMC (kg/m ²)
Controle (n=25)	41,8 \pm 16,1	1,6 \pm 0,1	63,6 \pm 10,3	23,6 \pm 2,7
Obesos (n=25)	40,4 \pm 11,8	1,6 \pm 0,1	99,1 \pm 17,7	37,5 \pm 5,7
p	ns	ns	<0,0001	<0,0001

IMC = Índice de Massa Corporal, ns = não significativo

Os resultados referentes a R_0 , R_m , S e $C_{rs,dyn}$ são apresentados no gráfico 1. São observadas alterações pequenas, porém com significância estatística em R_0 ($p < 0,0005$) e S ($p < 0,0001$). Os valores médios de R_m foram similares, não apresentando diferença estatística ($p > 0,05$). Embora visualmente seja clara a redução em $C_{rs,dyn}$ (figura 1D), esta redução não se apresentou estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

DISCUSSÃO

Diversos estudos têm sido dedicados à análise dos efeitos da obesidade sobre a mecânica respiratória por meio da avaliação de volumes e fluxos.^{5,6,19-21} Os efeitos sobre as propriedades resistivas e reativas, avaliadas por meio da FOT, no entanto, têm sido objeto de poucos estudos.⁷

Segundo Zerah e colaboradores, as possíveis causas de alteração na resistência total do sistema respiratório decorrentes da obesidade são: 1) elevação da resistência da parede torácica; 2) existência de obstrução das vias aéreas superiores, relacionada à deposição de gordura; 3) perda do tônus da musculatura faríngea e; 4) fechamento das pequenas vias aéreas, associado à redução do volume pulmonar.⁷ Estes autores observaram aumentos significativos

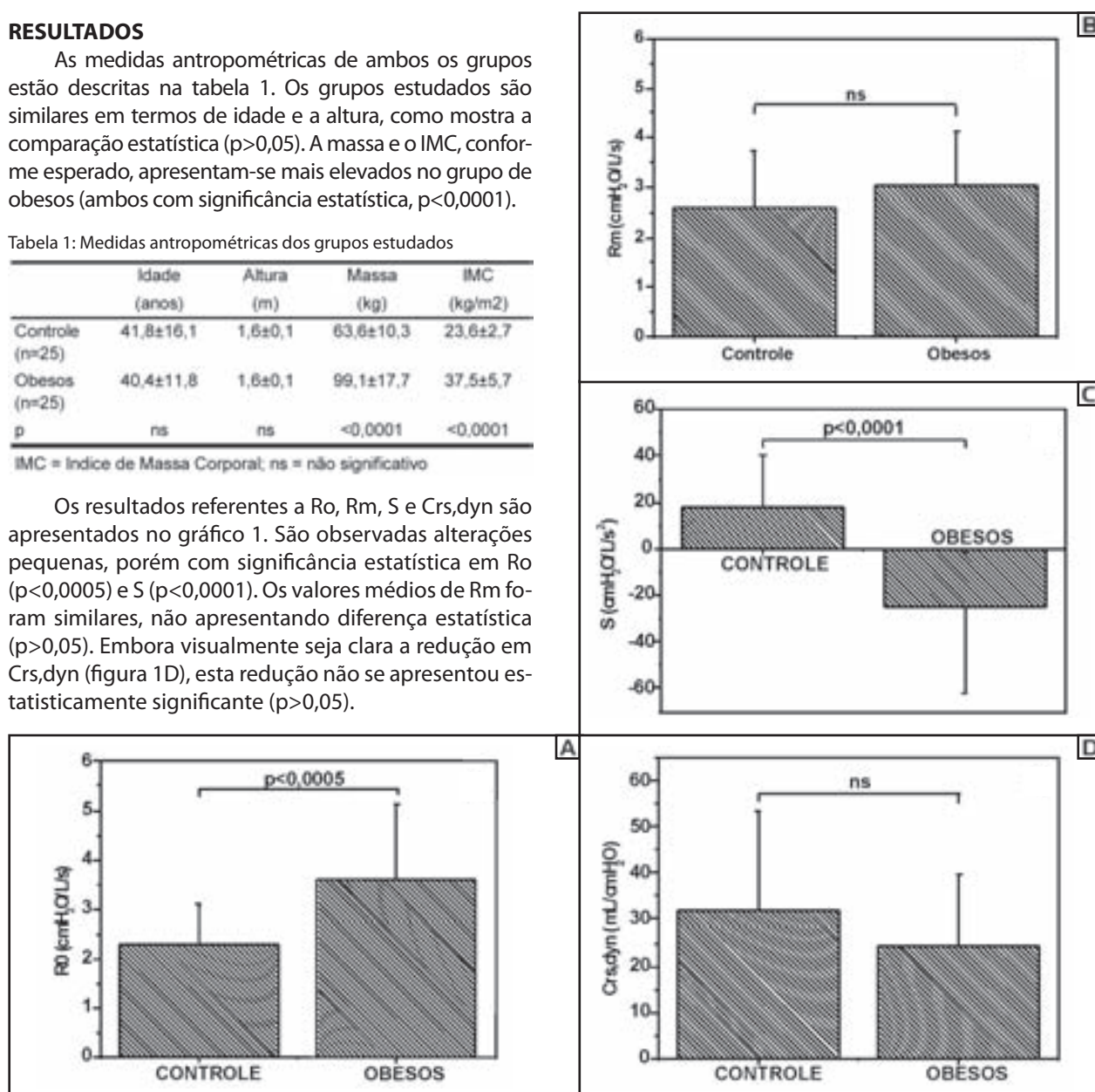


Gráfico 1: R_0 (A), R_m (B), S (C) e $C_{rs,dyn}$ (D) em indivíduos normais e obesos. ns = não significativo

da resistência total em pacientes obesos portadores de obesidade mínima ($IMC=27\pm 1\text{kg/m}^2$), mediana ($IMC=34\pm 1\text{kg/m}^2$) e mórbida ($IMC=46\pm 2\text{kg/m}^2$). Este mesmo trabalho mostrou que a resistência medida via nasal subtraída da resistência medida via oral não se alterou com a obesidade. A diferença entre a resistência total do sistema respiratório e a resistência de vias aéreas, medida utilizando a pletismografia, aumentou com a obesidade, sugerindo o aumento da resistência tecidual. Os autores ressaltam que o fator mais importante no aumento da resistência total do sistema respiratório foi a redução da capacidade residual funcional (CRF). Fisher e colaboradores analisaram cinco indivíduos obesos ($IMC=44,9\pm 11,7\text{kg/m}^2$), observando uma resistência total na frequência de ressonância mais elevada, em comparação com a obtida em indivíduos normais.¹² Também estudando a resistência total na frequência de ressonância, Sharp e colaboradores obtiveram resistências mais elevadas em 10 obesos ($IMC= 43,8\pm 4,3\text{kg/m}^2$) e 4 obesos com síndrome de hipoventilação ($IMC= 44,8\pm 11,7\text{kg/m}^2$) que em 8 indivíduos normais ($IMC=25,3\pm 2,7\text{kg/m}^2$).¹³ De uma maneira geral, os trabalhos citados indicam que a resistência total do sistema respiratório aumenta com o IMC. Deste modo, o significativo aumento de R_o descrito na figura 1(A) é coerente com a literatura e descreve as alterações fisiológicas decorrentes da obesidade discutidas anteriormente.

Nosso estudo comparativo revelou diferenças muito pequenas entre as R_m 's obtidas em indivíduos com massa dentro da normalidade e obesos (figura 1B). Usualmente este parâmetro é associado à obstrução de vias aéreas.¹¹ Estudos relativos à resistência de vias aéreas, medida por meio de pletismografia, apresentam resultados contraditórios. Enquanto esta resistência aumentou significativamente com o grau de obesidade no estudo de Zerah e colaboradores, valores dentro da normalidade foram obtidos por Fisher.^{7,12} A resistência pulmonar, obtida por meio da avaliação da pressão esofágica, foi significativamente mais elevada em obesos que em indivíduos com massa normal, no estudo elaborado por Sharp e associados.¹³ As discrepâncias em relação aos estudos anteriores podem estar associadas, além das diferenças metodológicas, ao fato de que no presente trabalho existe menor variação de IMC entre os grupos estudados.

A dependência em frequência da resistência (S) aumentou significativamente com a obesidade (figura 1C). Zerah e colaboradores obtiveram anteriormente resultados na mesma direção, indicando que a obesidade introduz obstrução e/ou fechamento das vias aéreas inferiores e, de uma maneira geral, redução de homogeneidade nas constantes de tempo do sistema respiratório.⁷ Modificações de complacência, por outro lado, podem estar relacionadas aos desequilíbrios locais decorrentes do carregamento excessivo no componente abdominal da complacência.⁷

A pesquisa elaborada por Sharp e colaboradores revelou significativa redução da complacência respiratória estática total em obesos, em relação a indivíduos normais.¹³ Esta redução foi atribuída pelos autores principalmente à diminuição da complacência da parede torácica. Sahebami ressalta que a redução da complacência da parede torácica é resultado do aumento da retração elástica e da redução da expansibilidade das estruturas extra-pulmonares.²⁰ No trabalho de Zerah e colaboradores foi observada uma relação direta entre a obtenção de um padrão restritivo, por meio de ensaios espirométricos, e o IMC.⁷ Neste estudo, foram obtidos padrões restritivos em 8%, 25% e 56% dos pacientes com obesidade mínima (IMC entre 25 e 29kg/m^2), mediana (IMC entre 30 e 40kg/m^2) e mórbida ($IMC > 40\text{kg/m}^2$), respectivamente. Os autores ressaltaram que as medidas de complacência dinâmica por meio da técnica de oscilações forçadas descrevem a complacência do tecido, a distensibilidade das vias aéreas e a compressão do gás. No estudo em questão, os autores sugerem que a redução na $C_{rs,dyn}$ com o aumento da obesidade ocorreu devido a alterações na complacência da parede torácica. A redução da CRF pode também estar envolvida nesta queda, pois esta redução introduz uma redução na complacência pulmonar associada ao formato da curva pressão-volume no pulmão. Outro fator importante está relacionado ao fato de que a redução da CRF também reduz a compressibilidade do ar, em função da diminuição do volume deste gás no interior do pulmão.

Embora em nosso trabalho não tenha sido observada diferença estatisticamente significativa, os resultados apresentados na figura 1(D) indicam que a obesidade introduz uma tendência de redução na $C_{rs,dyn}$, sendo coerente com os trabalhos citados. Usualmente, o quadro restritivo instala-se na presença de obesidade excessiva, uma fase que ainda não foi alcançada pelo grupo de obesos estudado.⁶ Deste modo, a menor variação de $C_{rs,dyn}$ observada no presente estudo, em comparação com os trabalhos discutidos anteriormente, encontra-se, provavelmente, relacionada à menor variação de IMC, $13,9\text{kg/m}^2$, em comparação com os estudos conduzidos por Sharp e colaboradores, $19,5\text{kg/m}^2$, e por Zerah e associados, $19,0\text{kg/m}^2$.^{7,13} Como comentário final sobre a $C_{rs,dyn}$, vale a pena ressaltar que a obtenção de informações sobre a complacência da parede torácica é, na prática, muito difícil, demandando a utilização de processos invasivos. Desta maneira, a informação obtida a partir da $C_{rs,dyn}$, que inclui o parâmetro citado, pode contribuir para simplificar a avaliação das alterações de parede torácica em obesos.

O nosso grupo de obesos mostrou alterações mecânicas relacionadas à elevação da resistência total e redução da homogeneidade. Em menor grau, sem a obtenção de diferença estatisticamente significativa, foi observada uma tendência de redução da

complacência dinâmica do sistema respiratório. Estas modificações podem estar na origem dos desequilíbrios na troca gasosa, da dispnéia ao exercício e do aumento do trabalho respiratório, usualmente apresentados por obesos.

Os resultados encontrados demonstram que a FOT fornece parâmetros consistentes com evidências experimentais obtidas por outros métodos, assim como com as alterações fisiológicas envolvidas no

processo de ganho de massa, confirmando o elevado potencial de uso clínico desta técnica na avaliação de distúrbios respiratórios associados à obesidade.

Agradecimentos: Aos Srs. Jayme A. M. Júnior e Josiel G. Santos, pelo auxílio na montagem da instrumentação; ao Sr. Alvaro C. D. Faria, pelo auxílio na organização do manuscrito e ao CNPq e a FAPERJ, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Fisberg M. Obesidade na infância e na adolescência, São Paulo: Fundação Editorial BYK, 1995.
2. Scarsella C, Després JP. Tratamiento de la obesidad: necesidad de centrar la atención en los pacientes de alto riesgo caracterizados por la obesidad abdominal. *Cad Saúde Pública RJ* 2003;9(sup.1): S7-19.
3. Racette SB, Deusinger RH. Obesity: overview of prevalence, etiology, and treatment. *Phys Therapy* 2003;83(3):276-88.
4. Ministério da Saúde, <http://portal.saude.gov.br/alimentação/sobrepeso.cfm>, acessado em 07/05/2004.
5. Gibson GJ. Lung volumes and elasticity. In *Lung Function Tests*, Hugues JMB, Pride NB, Londres: Editores, W.B. Saunders, 2000.
6. Silva LCC, Rubin AS, Silva LMC. Avaliação funcional pulmonar. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.
7. Zerah F, Harf A, Perlemuter L, Lorino H, Lorino AM, Atlan G. Effects of obesity on resistance. *Chest* 1993; 103(5): 1470
8. Dubois AB, Brody AW, Lewis DH, Burgess BF. Oscillation mechanics of lungs and chest in man. *J Appl Physiol* 1956;8:587-94.
9. Melo PL, Wernneck MM, Gianella-Neto A. Avaliação da mecânica ventilatória por oscilações forçadas: fundamentos e aplicações clínicas. *J Pneumol* 2000; 26(4):194-206.
10. Navajas D, Farré R. Forced oscillation technique: from theory to clinical applications. *Monaldi Arch Ches Dis* 2001;56(6):555-62.
11. Macleod D, Birch M. Respiratory input impedance measurements: forced oscillation methods. *Med Biol Eng and Comput* 2001;39:505-16.
12. Fisher AB, Dubois AB, Hyde RW. Evaluation of the Forced Oscillation Technique for the Determination of Resistance to Breathing. *J Clin Invest* 1968;47:2045-57.
13. Sharp JT, Henry JP, Sweany SK, Meadows WR, Pietras RJ. The total work of breathing in normal and obese men. *J Clin Invest* 1968;43(4):728-39.
14. Declaração de Helsinki da Associação Médica Mundial (2000), 52ª Assembléia Geral da Associação Médica Mundial, Edinburgo, Escócia.
15. 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. *Resp Med* 2006;100(3):399-410.
16. Cavalcanti JV, Lopes AJ, Jansen JM, Melo PL. Detection of changes in respiratory mechanics due to increasing degrees of airway obstruction in asthma by the forced oscillation technique. *Resp Med* in press. Available at: <http://www.harcourt-international.com/journals/rmed/>.
17. Williams SR. Fundamentos de nutrição e dietoterapia. Cap. 6, 6ª edição, Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
18. Van Noord JA, Demedts M, Clément J, Cauberghe M, Van De Woestijne KP. Effect of rib cage and abdominal restriction on total respiratory resistance and reactance. *J Appl Physiol* 1986;61(5):1736-40.
19. Olsen MF, Lonroth H, Bake B. Effects of breathing exercises on breathing patterns in obese and non-obese subjects. *Clin Physiol* 1999;19(3):251-7.
20. Sahebajani H, Gartside PS. Pulmonary function in obese subjects with a normal FEV1/FVC ratio. *Chest* 1996;110(6):1425-9.
21. Yap JC, Watson RA, Gilbey S, Pride NB. Effects of posture on respiratory mechanics in obesity. *J Appl Physiol* 1995;79(4):1199-205.