

Artigo original

## Comparação dos valores da capacidade pulmonar total e do volume residual obtidos pelas técnicas pletismográfica e radiológica.

Comparison between total lung capacity and residual volume values obtained by plethysmographic and radiographic techniques.

Mauro Esteves<sup>1</sup>, Ricardo Marques Dias<sup>2</sup>, Fernando Hauaji Chacur<sup>3</sup>, Sonia Regina da Silva Carvalho<sup>4</sup>, Geraldo Andrade Capuchinho Jr.<sup>5</sup>, Amarino Carvalho Oliveira Junior<sup>6</sup>.

### RESUMO

**Introdução:** a determinação dos volumes pulmonares é desejada como complemento da espirografia; contudo, o alto custo do equipamento faz com que seu uso seja restrito e que novas técnicas sejam investigadas. **Metodologia:** foram analisados 20 asmáticos, em acompanhamento no HU Gaffrée Guinle, classificados, segundo Consenso Brasileiro (2002), em asma moderada (n=9) e grave (n=11). Foram obtidos os valores da capacidade pulmonar total e volume residual pelas técnicas pletismográficas,  $CPT_{PL}$  e  $VR_{PL}$ , e radiológicas,  $CPT_{RA}$  e  $VR_{RA}$ , além dos parâmetros da espirografia. **Resultados:** a amostra foi constituída por 13 mulheres e 7 homens, sendo a média de idade de 47,6 anos. A intensidade da disfunção, medida pela relação VEF1/CVF foi de 58,8% (IC95% entre 53,9% e 63,6%). Os valores, expressos em litros e pela média, da  $CPT_{PL}$  (5,94) e  $VR_{PL}$  (2,55) foram significativamente diferentes daqueles valores de  $CPT_{RA}$  (4,60) e  $VR_{RA}$  (2,94). A prova broncodilatadora não produziu alteração na CPT, em nenhuma das técnicas; contudo, alterou significativamente o VR, em ambas. Foram determinadas equações de regressão para previsão dos valores de  $CPT_{PL}$  e  $VR_{PL}$ , a partir de parâmetros espirográficos e radiológicos. A melhor regressão linear univariada, com  $r^2=0,88$ , é:  $CPT_{PL} = (CPT_{RA} * 1,072) + 0,9981$ , sendo o erro padrão de 0,48. A regressão para VR, com  $r^2=0,76$ , é:  $VR_{PL} = (VR_{RA} * 1,02) - 0,4451$ . **Conclusão:** a técnica radiológica não dá resultados iguais aos da pletismográfica, para CPT e VR, tanto antes como após a broncodilatação.

**Descritores:** testes de função pulmonar, pletismografia de corpo inteiro, tomografia computadorizada por raios X, asma.

### ABSTRACT

**Introduction:** the determination of lung volumes as a complement to spirometry is very important but the high cost of the equipment is a difficult barrier and new techniques are being developed. **Methodology:** we analyzed twenty asthmatics from the ambulatory of the Gaffrée e Guinle University Hospital. They were classified as moderate and severe asthma using the Brazilian Guidelines for Asthma (2002). We obtained the spirometric parameters as well as total lung capacity (TLC) and residual volume (RV) using the plethysmography (PL) and radiographic (RA) techniques. **Results:** there were 13 females and 7 males with mean age of 47.6 years. The severity of pulmonary dysfunction was 58.8% determined by FEV1/FVC (95%CI = 53.9 to 63.6). The values (in liters and by mean) for  $TLC_{PL}$  (5.94) and  $RV_{PL}$  (2.55) were significantly different from  $TLC_{RA}$  (4.60) and  $RV_{RA}$  (2.94). The bronchodilator test did not modify TLC values in PL or RA techniques but modified the RV in both. Regression equations were determined to predict  $TLC_{PL}$  and  $RV_{PL}$  values using spirometric and radiographic parameters. The best linear regression to  $TLC_{PL}$  was ( $r^2=0.88$ ):  $TLC_{PL} = (TLC_{RA} * 1.072) + 0.9981$  (EP=0.48) and to RV ( $r^2=0.76$ ) was  $RV_{PL} = (RV_{RA} * 1.02) - 0.4451$ . **Conclusion:** the results of radiographic technique for TLC and RV were not the same obtained by plethysmography before and after bronchodilator test.

**Keywords:** respiratory function tests; plethysmography, whole body; tomography, X-ray computed; asthma.

1. Médico do Serviço de Radiologia do Hospital Pró-Cardíaco. Responsável pela realização dos exames radiológicos do estudo.

2. Professor Titular da Disciplina de Pneumologia da UNIRIO, HU Gaffrée e Guinle. Responsável pela realização das provas de função pulmonar do estudo.

3. Médico Responsável pelo Serviço de Provas de Função Respiratória do Hospital Pró-Cardíaco.

4. Profª. Adjunta da Disciplina de Pneumologia da UNIRIO. Responsável pelo Ambulatório de Asma do HU Gaffrée e Guinle.

5. Acadêmico Bolsista de Iniciação Científica, Escola de Medicina e Cirurgia da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

6. Responsável pelo Serviço de Radiologia do Hospital Pró-Cardíaco

Trabalho realizado no Hospital Universitário Gaffrée e Guinle, da Universidade Federal Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), e no Hospital Pró-Cardíaco, Rio de Janeiro/RJ. Não há conflito de interesses. Apoio financeiro do Hospital Pró-Cardíaco.

**Endereço para correspondência:** Rua Dona Mariana 219, Botafogo, CEP 22280-020, Rio de Janeiro, RJ, e-mail: dias.ricardomarques@gmail.com.

Recebido em 21/08/2006 e aceito em 29/09/2006, após revisão.

## INTRODUÇÃO

A multiplicidade de técnicas existentes para determinação de um parâmetro é justificada pela existência de diferentes aspectos fisiopatológicos, metodológicos e/ou pela relação custo benefício. O cálculo da capacidade pulmonar total (CPT) e do volume residual (VR), não obtidos pela espirografia simples, aumenta o custo em equipamentos, tempo de exame e em treinamento de pessoal, muito embora haja inegável interesse no seu conhecimento. Até o presente, a técnica pletismográfica, seguida das técnicas de diluição por respirações múltiplas, constitui o padrão ouro para essas medidas. Contudo, estas não permitem a localização da alteração pulmonar, se uni ou bilateral, se localizada ou difusa. Por esta razão, o exame espirográfico vem sendo acompanhado de estudo radiológico: no passado, pela dinâmica radiológica, quando as incidências em pósterio-anterior e perfil eram analisadas em inspiração e expiração máximas; no presente, pela radiografia simples e tomografia computadorizada do tórax.

A fim de reduzir o número de exames e estudar as potencialidades da radiologia, foram desenvolvidos inúmeros estudos. De início, já na primeira padronização sobre os métodos de determinação dos volumes pulmonares,<sup>1</sup> em 1978, o assunto foi alvo de interesse, com o emprego da planigrafia, utilizando a elipse de Barnhard e colaboradores<sup>2</sup> e os fatores de correção de Loyd e colaboradores,<sup>3</sup> que apresentavam potencial para incorporar os novos métodos elétricos ou computacionais, mas que tinham nítida preocupação quanto à variação interindividual de leitura. Os resultados mostraram, pela comparação com a pletismografia, valores iguais, nas doenças intersticiais, e de 5% a 8% menores, nos grupos normais e obstrutivos. Em razão de ser um método que emite radiação, ele foi apenas recomendado para os grupos que já dispunham, por protocolo, do material radiológico necessário. Seu desempenho geral foi superior aos dos testes de respiração única e, exceto pelo grupo de sadios, superior ao do teste de respiração múltipla. O coeficiente de variação entre observadores foi superior ao da pletismografia, em indivíduos normais (4,3/2,7) e naqueles com doença intersticial (4,9/2,9), mas foi inferior quando da análise dos asmáticos (3,4/5,7). Assim, no geral, a variabilidade foi semelhante (4,8/4,4).

A técnica de análise quantitativa do volume pulmonar pela tomografia computadorizada (TC) é pela atenuação tecidual observada no exame. Esta retrata uma alteração de densidade no *voxel*, que é a unidade de volume da TC. A atenuação é descrita em unidades de TC ou Hounsfield (HU).<sup>4</sup> Este número, para um dado *voxel*, é obtido pelo percentual de absorção de raio-X pelo tecido. A escala de atenuação é arbitrária e varia de +1000 (absorção completa) a -1000 (ausência de absorção), sendo a água igual a 0HU. Os tecidos e sangue ficam na faixa de 20 a 40HU. A acurácia da medida está na soma dos valores de todos os *voxels* e da sua resolu-

ção. De modo geral, no corte padrão de 10mm, matriz de 256 X 256, obtém-se um *voxel* de 22,5mm<sup>3</sup>, ou seja, 1,5 x 1,5 x 10 (mm), podendo-se chegar a uma matriz de 1024 x 1024, nos cortes de 0,5mm. No presente, alguns exames de TC já são acompanhados de medidas volumétricas complementares, mas ainda não se tem um conceito definido para sua utilização.

O objetivo deste trabalho é o de verificar a relação das medidas de CPT e VR, pelas técnicas pletismográfica e radiológica, agora com reconstrução tridimensional, pela TC. Ao mesmo tempo, avaliar os fatores que promovem possíveis diferenças, em especial a mudança súbita imposta pela broncodilatação.

## METODOLOGIA

Foi realizado um estudo transversal, no período de dezembro de 2003 a novembro de 2004. Para tal, foram selecionados consecutivamente 20 asmáticos, em acompanhamento no Hospital Universitário Gaffrée e Guinle (HUGG), e encaminhados ao Hospital Pró-Cardíaco, para avaliação dos parâmetros espirográficos, pletismográficos e radiológicos, antes e após a broncodilatação. Como critério de inclusão, além do diagnóstico comprovado, foi necessário: 1) ter asma perene, de moderada a grave, de acordo com o Consenso Brasileiro de Asma,<sup>5</sup> que é semelhante ao da Global Initiative for Asthma (GINA);<sup>6</sup> 2) estar em tratamento regular há mais de 12 meses, sem resposta espirográfica ao uso de corticoide inalado; 3) ter idade entre 20 e 70 anos; 4) ter valor de DLCO, pelo teste da difusão, na faixa da normalidade. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e todos os pacientes assinaram o termo de consentimento pós-informado.

Os exames espirográficos, pletismográficos e de difusão foram realizados no aparelho Vmax22, Auto-box, da Sensor Medics. As técnicas das determinações seguiram as Diretrizes Brasileiras,<sup>7,8</sup> com grande concordância com as internacionais.<sup>9-12</sup> O cálculo da CPT<sub>PL</sub> foi feito pela adição de médias, da capacidade inspiratória e da capacidade residual funcional e o VR<sub>PL</sub> foi obtido pela subtração da capacidade vital do valor da CPT<sub>PL</sub>. A medida da DLCO foi feita pela técnica da respiração única, com analisador rápido e com o metano como gás determinante da diluição. Os valores previstos foram os de Knudson e colaboradores,<sup>13</sup> para as curvas volume-tempo e fluxo-volume, e os de Crapo e colaboradores,<sup>14,15</sup> para DLCO, CPT, VR.

A avaliação por imagem foi feita com aquisições helicoidais, de 5,0mm de espessura e 5,0mm de intervalo - PITCH 1,0, em inspiração e expiração máximas, no aparelho Pro Speed SX Helicoidal, da marca General Electric. Os dados foram processados pelo Advanted Windows Workstation 4. As reconstruções tridimensionais que proporcionam a mensuração do volume pulmonar total foram expressas em cm<sup>3</sup>, mas convertidas para litros. As imagens tridimensionais, antes e após a utilização de broncodilatador, forneceram o volume

total de parênquima pulmonar, com densidade média compreendida entre -120UH e -1000UH.

Após o término das determinações espirográficas, pletismográficas, da DLCO e das aquisições de imagem, foi feita a prova broncodilatadora, com 400mcg de salbutamol. Com intervalo mínimo de 15 minutos, foram repetidos todos os exames. A prova broncodilatadora foi considerada significativa nos casos de variação percentual e absoluta igual ou superior a 12% e 200 mL, para VEF1 ou CVF.<sup>12</sup>

Os valores são apresentados pelas frequências, médias e intervalos de confiança de 95%. O teste para aderência à curva normal foi o de Kolmogorov Smirnov. A análise comparativa foi feita pelo teste do qui-quadrado, para variáveis nominais, e pelo teste "t" de Student, para variáveis contínuas. O nível de alfa adotado para rejeição da hipótese de nulidade foi o de 5% ou 0,05. Foram ainda calculadas as correlações e as equações de regressão linear, simples ou múltipla.<sup>16,17</sup>

**RESULTADOS**

A tabela 1 mostra a predominância, na amostra, do sexo feminino (13/20). A média de idade, de 47,6 anos, e o intervalo de confiança mostram que a amostra é bem homogênea, neste aspecto. Os valores espirográficos mostram uma relação VEF1/CVF média de 58,8, caracterizando um distúrbio obstrutivo, no grupo. Da mesma forma, a média do VEF1 é de 68,9% do previsto, indicando disfunção de intensidade moderada, mas sem redução da capacidade vital forçada, que é de 96,5% do previsto.

Tabela 1 – Características da amostra e valores dos parâmetros espirográficos e da capacidade pulmonar total e volume residual

Variável	N / Média	IC 95%
Sexo	13 (M) – 7 (H)	
Idade	47,6	42,3 – 52,9
CVF %P	96,5	86,9 – 106,0
VEF1 %P	68,9	58,8 – 79,0
VEF1/CVF	58,8	53,9 – 63,6
CPT <sub>PL</sub> /CPT <sub>RA</sub>	5,94 / 4,60*	5,30–6,57 / 4,18–5,28
VR <sub>PL</sub> /VR <sub>RA</sub>	2,55 / 2,94*	2,19-2,91 / 2,63 –3,24

\*=p<0,05; IC 95%=intervalo de confiança de 95%; %p=percentual do previsto;

CVF=capacidade vital forçada; VEF1=volume expiratório forçado no primeiro segundo;

CPT=capacidade pulmonar total; VR=volume residual;

PL=medida obtida por pletismógrafo; RA=medida obtida pela radiologia.

A tabela 1 mostra, também, que a média do valor pletismográfico de capacidade pulmonar total é, significativamente, maior do que aquela obtida pela técnica radiológica, na análise individual, em todos os indivíduos. Contudo, a tendência se inverte com o volume residual, em 14 dos 20 indivíduos, indicando, indiretamente, que a capacidade vital na tomografia foi menor.

A prova broncodilatadora foi positiva em 11 exames. A tabela 2 mostra que não houve variação significativa na CPT, com a broncodilatação, tanto na téc-

nica pletismográfica como na radiológica. Entretanto, para o VR, a broncodilatação reduziu os valores em ambas as técnicas.

Tabela 2 – Efeito da broncodilatação na capacidade pulmonar total e no volume residual, pelas técnicas pletismográfica e radiológica.

Variável	Pré-BD	Pós-BD	p
CPT <sub>PL</sub>	5,94	5,88	0,54 NS
CPT <sub>RA</sub>	4,6	4,62	0,84 NS
VR <sub>PL</sub>	2,55	2,26	0,014
VR <sub>RA</sub>	2,94	2,67	< 0,001

CPT=capacidade pulmonar total; VR=volume residual;

PL=medida obtida por pletismógrafo; RA=medida obtida pela radiologia.

A tabela 3 mostra as intercessões e os coeficientes de inclinação de equações de regressão para previsão dos valores dos parâmetros da técnica pletismográfica por meio da técnica radiológica. Tal análise, que é desprovida de aplicação direta, serve para analisar as diferenças encontradas. Ficou evidente, por meio da inexistência de correlação significativa entre os resíduos e os valores dos parâmetros espirográficos, que estes não justificam as diferenças, inclusive os que identificam o grau e o tipo de disfunção, respectivamente, VEF1 e relação VEF1/CVF. Do mesmo modo, a utilização dos valores pós-BD não altera os resultados.

Tabela 3 – Valores da constante e dos coeficientes de regressão, inclinação, para a determinação dos valores da capacidade pulmonar total e do volume residual, pela técnica pletismografia a partir dos dados obtidos pela técnica radiológica.

	constante	coeficiente	EP	r <sup>2</sup>
		<b>CPT<sub>RA</sub></b>		
CPT <sub>PL</sub> pré	0,9981	1,072	0,48	0,88
CPT <sub>PL</sub> pós	1,653	0,9155	0,49	0,85
		<b>VR<sub>RA</sub></b>		
VR <sub>PL</sub> pré	-0,4451	1,02	0,39	0,76
VR <sub>PL</sub> pós	0,9349	0,272	0,42	0,43

EP=erro padrão da estimativa; r<sup>2</sup>=coeficiente de determinação.

As figuras 1 e 2 mostram as dispersões dos valores, a linha de regressão e a faixa do intervalo de confiança. Com elas, pode-se ter uma idéia visual da associação entre as medidas de CPT ou de VR, pelas duas técnicas estudadas.

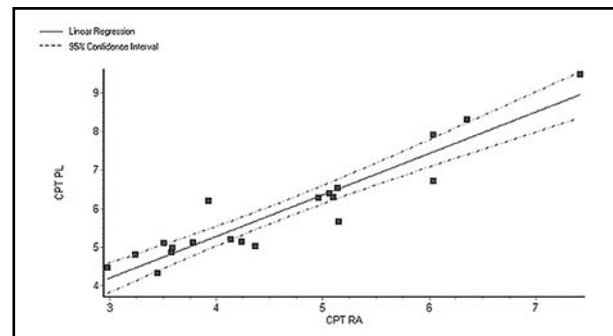


Figura 1 – Regressão entre os valores de capacidade pulmonar total obtidos pela técnica da pletismográfica (Y) e pela técnica radiológica (X).

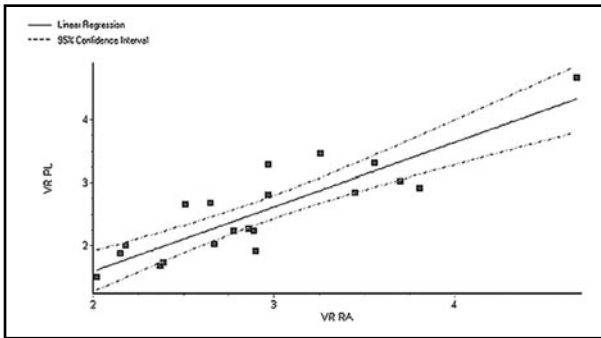


Figura 2 – Regressão dos valores de volume residual obtidos pela técnica pletismográfica (Y) e pela radiológica (X).

## DISCUSSÃO

A utilização das técnicas de diluição dos gases para determinação de capacidade residual funcional, capacidade pulmonar total e volume residual são demoradas, principalmente em indivíduos obstrutivos. Além do mais, nesses pacientes, as técnicas de diluição tendem a subestimar os volumes pulmonares, uma vez que assumem que todas as vias aéreas comunicam-se entre si. Por outro lado, a medida pletismográfica, considerada técnica padrão ouro, em razão de sua precisão, reprodutibilidade e rapidez de medida, tem equipamento dispendioso e exige maior treinamento técnico. A pletismografia mede todo o ar intratorácico, considerando-se como “volume pulmonar” qualquer coleção aérea intratorácica; dessa forma, essa técnica pode superestimar a CPT. Assim, levando-se em conta os prós e contras, os dois métodos são onerosos e passíveis de erro em determinadas condições.

A técnica radiológica não dá rapidez, mas conjuga os benefícios diagnósticos e de localização da lesão, da própria TC. Contudo, os resultados entre as

técnicas pletismográficas e radiológicas são diferentes e sua previsão, pelo emprego de equação de regressão, apresenta amplos resíduos, fazendo com que os resultados, na prática, não possam ser intercambiáveis. A justificar, talvez, existam importantes diferenças na realização dos exames.

Enquanto na pletismografia o valor da CPT, mesmo por média da capacidade inspiratória e capacidade residual funcional, é obtido por pico, no máximo da inspiração, o valor na TC é obtido por apneuse relativamente prolongada, o que é diferente. Geralmente, para a apneuse, o volume pulmonar é menor que o da CPT, no nosso caso, em média 1,3 litros. Face à magnitude da diferença, pode-se pensar na conjugação de outros elementos, por nós não identificados.

Para o volume residual, uma explicação pode ser tentada apenas pela observação do exame, em razão do tempo necessário para o indivíduo atingir a expiração plena. Geralmente, durante a espirografia, a manobra de capacidade vital forçada, em obstrutivos, tem o tempo expiratório superior a 12 segundos. Na TC, a expiração é também precedida de uma manobra inspiratória; contudo, o tempo expiratório não excede à metade, ou seja, 6 segundos. Considerando-se que um débito final de 0,08L/segundo é bastante razoável em um obstrutivo, ao final dos 6 segundos teremos os 0,4L da diferença encontrada. Deve-se, também, ressaltar que não houve alteração da técnica padrão da TC para atender a interesses do estudo.

Concluimos que a técnica radiológica não dá resultados iguais aos da pletismográfica, padrão ouro para determinação de CPT e VR, tanto antes como após a broncodilatação, fazendo que os valores da técnica pletismográfica não possam ser substituídos pela radiológica.

## REFERÊNCIAS

1. American Thoracic Society. Epidemiology standardization project: recommended standardization procedure for pulmonary function testing. *Am Rev Respir Dis* 1978;118(Suppl 2):92-111.
2. Barnhard HJ, Pierce JA, Joyce JW, Bates JH. Roentgenographic determination of total lung capacity: A new method evaluated in health, emphysema and congestive heart failure. *Am J Med* 1960;28:51-60.
3. Lloyd HM, String ST, DuBois AB. Radiographic and plethysmographic determination of total lung capacity. *Radiology* 1966;86:7-14.
4. Hounsfield GN. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. *Br J Radiol* 1973;46:1016-22.
5. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. III Consenso Brasileiro no Manejo da Asma. *J Pneumol* 2002;28(supl 1):S1-28.
6. Global Initiative for Asthma. Workshop Report, Global Strategy for Asthma Management and Prevention. [cited in 2005]. Available at: [www.ginasthma.com](http://www.ginasthma.com).
7. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. *J Pneumol* 1996;22(3):105-64.
8. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para Testes de função Pulmonar. *J Pneumol* 2002;28(supl 3):S1-238.
9. ATS/ERS Task Force: Standardization of Lung Function Testing: Standardization of spirometry. *Eur Respir J* 2005;26:319-38.
10. ATS/ERS Task Force: Standardization of Lung Function Testing: Standardization of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J* 2005;26:511-22.
11. ATS/ERS Task Force: Standardization of Lung Function Testing. Standardization of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J* 2005;26:720-35.
12. ATS/ERS Task Force: Standardization of Lung Function Testing. Interpretative Strategies for Lung Function Tests. *Eur Respir J* 2005;26:948-68.
13. Knudson, R. J., Lebowitz, M. D., Holberg, C. J., Burrows, B. Changes in the normal maximal expiratory flow volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983; 127:725-4.
14. Crapo RO, Morris AH. Standardized single breath normal values for carbon monoxide diffusing capacity. *Am Rev Respir Dis* 1981;123:185-9.
15. Crapo RO, Morris AH, Clayton PD. Lung volumes in healthy non-smoking adults. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1982;18:419-25.
16. GraphPad InStat version 3.01, Copyright 1992-1998 GraphPad Software Inc, San Diego California USA, [www.graphpad.com](http://www.graphpad.com)
17. MedCalc Version 8.1.1.0 - © 1993-2005 Frank Schoonjans, <http://medcalc.be>.