

Determinação da capacidade pulmonar total: pletismografia *versus* método de diluição do hélio em respiração única após teste broncodilatador

Paula Mancopes¹, Maria Ângela Fontoura², Sérgio S.M. Barreto³

OBJETIVO: A capacidade pulmonar total (CPT) pode ser medida através da pletismografia, de testes de diluição de gases e por planimetria radiográfica. A pletismografia constitui-se no padrão áureo, base de comparação para os outros testes. O teste de respiração única com hélio (TDHe), realizado em conjunto com a determinação da capacidade de difusão com monóxido de carbono, subdimensiona o volume pulmonar em pacientes com obstrução ao fluxo aéreo. O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar se o TDHe após broncodilatador aproximaria o valor da CPT obtido pelo TDHe com o da pletismografia, otimizando o teste e rotinizando-o após broncodilatador.

MATERIAIS E MÉTODOS: Foram estudados 155 pacientes adultos, que realizaram testes com determinação de volumes na Unidade de Fisiologia Pulmonar do Serviço de Pneumologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Dividiu-se os pacientes em dois grupos: os que foram submetidos ao TDHe sem broncodilatador e os que fizeram TDHe com broncodilatador. Cada grupo foi subdividido em dois subgrupos: normais e obstrutivos.

RESULTADOS: Os valores da CPT obtidos com pletismografia foram superiores em todos os grupos. No grupo sem broncodilatador, os valores de CPT tiveram uma diferença média de 934 ml (IC 95% de 657 a 1210; $P < 0,001$) nos normais e de 1679 ml (IC 95% de 1289 a 2069; $P < 0,001$) nos obstrutivos. Com o broncodilatador, a diferença média dos pacientes normais foi de 1111 ml (IC 95% de 706 a 1515; $P < 0,001$) e nos obstrutivos a diferença foi de 1751 ml (IC 95% de 1516 a 1985; $P < 0,001$).

CONCLUSÕES: Os resultados demonstraram que o uso do broncodilatador não aproximou os valores da CPT do TDHe aos da pletismografia, tanto em indivíduos normais como naqueles com doença obstrutiva das vias aéreas. O TDHe não se constitui em teste fidedigno para determinação de volumes pulmonares absolutos.

Unitermos: Testes de função pulmonar; volumes pulmonares; distúrbio ventilatório obstrutivo.

¹ Acadêmica, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

² Unidade de Fisiologia Pulmonar, Serviço de Pneumologia, Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Correspondência: Serviço de Pneumologia, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Rua Ramiro Barcelos 2350/sala 2050, CEP 90035-003, Porto Alegre, RS, Brasil.

³ Serviço de Pneumologia, Hospital de Clínicas de Porto Alegre; Departamento de Medicina Interna, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Measurement of total lung capacity: plethysmography versus single breath helium method after treatment with bronchodilator

OBJECTIVE: Total lung capacity (TLC) can be measured using body plethysmography, single-breath helium or RX planimetry. Body plethysmography is the goldstandard test, allowing comparison with other methods. The single breath helium method (SBHe), when used in association with CO₂ diffusing capacity, can estimate lung volumes in patients with airway flow obstruction. The aim of the present study is to evaluate if TLC measured with SBHe after treatment with bronchodilator is similar to that obtained from body plethysmography.

MATERIALS AND METHODS: The sample included 155 adult patients submitted to pulmonary function testing including lung volumes at the Pulmonary Physiology Unit, Pulmonary Department at Hospital de Clínicas de Porto Alegre. The patients were placed in two groups: one group underwent SBHe with bronchodilator, and the other group was submitted to SBHe without bronchodilator. Afterwards, each group was subdivided into two subgroups: normal patients and patients with airway obstruction.

RESULTS: The TLC results obtained with the body plethysmography technique were greater than the alternative methods for all groups. In the group without bronchodilator treatment, there was a median difference of 934 ml (CI 95% = 657 ml – 1210 ml; P<0.001) for normal patients, and a median difference of 1679 ml (95% CI = 1289ml – 2069 ml; P<0.001) for patients with airway obstruction. While bronchodilator treatment was used, the median difference for normal patients with airway obstruction was 1751 ml (95% CI 1516 – 1985 ml; P<0.001).

CONCLUSIONS: The results showed that treatment with bronchodilator did not make TLC measurements similar when SBHe was compared to body plethysmography, neither for normal patients nor for patients with airway obstruction; this leads to the conclusion that SBHe is not a reliable test for TLC measurements.

Key-words: Pulmonary function tests; lung volume; airflow obstructive defect.

Revista HCPA 2000;20(1):5-12

Introdução

A mensuração dos volumes pulmonares constitui parte da avaliação funcional pulmonar, sendo utilizado para o diagnóstico de hiperinsuflação, restrição pulmonar e alçaponamento aéreo (1,2).

A mensuração da capacidade pulmonar total (CPT) é essencial para o diagnóstico de hiperinsuflação e restrição pulmonar, estando indicada em muitas condições clínicas, tanto para a definição do padrão fisiopatológico como para controles evolutivos da doença e do tratamento (1-3).

A CPT pode ser medida através dos seguintes métodos: a) pletismografia de corpo inteiro; b) diluição do hélio (He) por respiração

única ou múltipla; c) lavado de nitrogênio (N₂) por respiração única ou múltipla; d) planimetria radiológica (1,2).

Na rotina dos testes de função pulmonar, em que a espirometria e o teste pletismográfico são realizados antes e depois de prova broncodilatadora, o teste de respiração única com a mistura CO/He, que mede a capacidade de difusão e o volume alveolar em uma manobra única, é realizado apenas uma vez, habitualmente antes da prova broncodilatadora. Isto porque a broncodilatação não afeta a difusão em si mas, teoricamente, pode afetar a diluição do hélio por abrir vias aéreas e incorporar mais território alveolar ao exame.

O método de diluição pela técnica de respiração múltipla de hélio em circuito fechado

ou de lavado de nitrogênio por respiração múltipla apresenta valores mais próximos dos obtidos pela pletismografia (1,2).

O objetivo deste trabalho é o de comparar os valores de CPT obtidos pelas técnicas de pletismografia e de diluição pela respiração única de He, a fim de avaliar se o TDHe feito após o uso de broncodilatador fornece valores mais próximos da CPT medida pela pletismografia, otimizando a técnica de diluição.

Material e Métodos

Foram estudados 155 pacientes adultos com queixas respiratórias variadas, que realizaram espirometria, volumes por pletismografia e difusão pela respiração única com monóxido de carbono (que incluía o teste de diluição do He), na Unidade de Fisiologia Pulmonar do Serviço de Pneumologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, entre janeiro de 1998 e maio de 1999. Os pacientes foram divididos em dois grupos: o primeiro grupo, composto de 74 pacientes, realizou teste de diluição com hélio (TDHe) sem receber broncodilatador, e no segundo grupo, composto de 81 pacientes, foi feito o TDHe após inalação padronizada do broncodilatador. Cada grupo foi subdividido em dois subgrupos: pacientes normais e obstrutivos, classificados de acordo com o Consenso Brasileiro de Espirometria de 1996 (4).

A CPT foi medida pela pletismografia em todos os pacientes, antes e depois do uso do broncodilatador, sendo que o valor usado para comparação foi o do teste pré-broncodilatador. O paciente, sentado na cabine pletismográfica, hermeticamente fechada, respira várias vezes e então insiste nas manobras respiratórias, após a oclusão da válvula respiratória. O gás contido nos pulmões é comprimido e descomprimido e pode ser medido aplicando-se a lei de Boyle (5). Desta forma, a mensuração dos volumes no pletismógrafo é indireta, baseada em variações da pressão no box e na boca com correção automática da temperatura e umidade pelo BTPS.

A mensuração da CPT pelo hélio ocorre juntamente com a determinação da capacidade de difusão do monóxido de carbono por respiração única através da inalação de uma

mistura de gás com 7-10% de hélio e 0,2-0,3% de monóxido de carbono. Esta técnica utiliza o hélio, inexistente no pulmão, como um gás marcador inerte contido em um circuito fechado de volume conhecido (1,2). Após o tempo adequado para equilíbrio dos gases no sistema, o decréscimo na concentração do hélio reflete o volume total. Desta forma, mede apenas o volume pulmonar em comunicação com a boca.

Comparou-se os valores da CPT obtida por pletismografia, sem broncodilatador, com os valores obtidos com o TDHe, nas seguintes situações:

1. CPT obtida com TDHe sem uso de BD em pacientes normais;
2. CPT obtida com TDHe sem uso de BD em pacientes obstrutivos;
3. CPT obtida com TDHe com uso de BD em pacientes normais;
4. CPT obtida com TDHe com uso de BD em pacientes obstrutivos.

O broncodilatador utilizado foi o salbutamol sob a forma de *spray* dosificado na dose de 400 mcg, aplicado através de um espaçador com tempo de espera de 20 minutos para realização do teste (4).

Todos os exames foram realizados no aparelho *MasterScreen Body* da *Jaeger*. A temperatura e umidade ambiental são registradas através de um sensor do próprio aparelho. A calibração do volume e da pressão na cabine pletismográfica é realizada diariamente, antes do início dos exames, bem como a calibração dos gases.

A pletismografia e a difusão foram realizadas em um mesmo momento para o mesmo paciente e em um mesmo turno do dia (manhã) para todos os pacientes.

Cada paciente foi seu próprio controle. A análise estatística foi feita com o programa SPSS para Windows versão 6.0 através do teste *t* para amostras independentes e para amostras pareadas. A diferença estatística aceita como significativa foi definida como menor que 5%.

Resultados

O grupo, constituído de 155 pacientes acima de 18 anos, foi subdividido em Grupo I

Tabela 1. Características dos grupos analisados

	Grupo I pré BD	Grupo II pós BD
Pacientes obstrutivos	44	58
Pacientes normais	30	23
Idade	52 (\pm 15)	55 (\pm 13)

(TDHe pré-broncodilatador), composto de 74 pacientes (44 obstrutivos e 30 normais) e Grupo II (TDHe pós-broncodilatador), composto de 81 pacientes (58 obstrutivos e 23 normais) (tabela 1). A média de idade do Grupo I era 52 anos e do Grupo II, 55 anos.

Os motivos para realização dos exames foram variados (tabela 2).

No grupo I, o valor médio da CPT com a técnica da pletismografia foi 5851 ml nos pacientes normais e 6364 ml nos pacientes obstrutivos. Utilizando o TDHe sem broncodilatador, encontramos 4916 ml e 4685 ml respectivamente. Houve uma diferença de 935 ml (16%) nos normais (IC 95% de 658 ml a 1211 ml, $P < 0,001$) e 1679 ml (34%) nos obstrutivos (IC 95% de 1289 ml a 2069 ml, $P < 0,001$), entre as duas técnicas, sendo a mensuração pletismográfica superior. Analisando o VR encontramos como valor médio 2189 ml nos normais e 3410 ml nos obstrutivos pela pletismografia. Com o TDHe encontramos 1497 ml e 1872 ml

respectivamente. A diferença entre as duas técnicas foi de 692 ml (32%) nos normais (IC 95% de 430 ml a 953 ml, $P < 0,001$) e 1538 ml (45%) nos obstrutivos (IC 95% de 1100 ml a 1976 ml, $P < 0,001$) (tabela 3).

No grupo II, o valor médio da CPT, pela técnica da pletismografia, foi 5561 ml nos pacientes normais e 6302 ml nos pacientes obstrutivos. Utilizando o TDHe com broncodilatador, encontramos 4450 ml e 4551 ml respectivamente. Houve uma diferença de 1111 ml (20%) (IC 95% de 935 ml a 1515 ml, $P < 0,001$) nos normais e 1751 ml (28%) (IC 95% de 1516 ml a 1985 ml, $P < 0,001$) nos obstrutivos, persistindo a superioridade pletismográfica. Analisando o VR encontramos a média de 1982 ml para os normais e 3261 ml para os obstrutivos na pletismografia. Com o TDHe, detectamos 1309 ml e 1761 ml respectivamente. A diferença entre as mensurações pelas duas técnicas foi de 673 ml (34%) nos normais (IC 95% de 557 ml a 788 ml, $P < 0,001$) e 1500 ml (46%) nos obstrutivos

Tabela 2. Motivo para realização dos exames (n = 155)

Motivo	Número de casos
Asma	25
Bronquiectasias	06
Colagenoses	07
Dispneia	08
DPOC	49
Doença Hepática	06
Infiltrado Pulmonar	13
Paracoccidiodomicose	04
Sarcoidose	10
Tosse	06
Outros diagnósticos	21

Tabela 3. Grupo I pré-BD (n = 74)^a

	Pletismografia	Hélio	Diferença
CPT (Normais)	5851 ml	4916 ml	935 ml (16%)
CPT (Obstrutivos)	6364 ml	4685 ml	1679 ml (34%)
VR (Normais)	2189 ml	1497 ml	692 (32%)
VR (Obstrutivos)	3410 ml	1872 ml	1538 (45%)

^a Valores médios de CPT e VR.

(IC 95% de 1280 ml a 1721 ml, $P < 0,001$) (tabela 4).

Entre os pacientes do grupo II (exame realizado após o BD), selecionamos os pacientes com resposta significativa ao BD de acordo com o exame espirométrico. Encontramos 17 pacientes com valor médio da CPT pelo pletismógrafo de 6548 ml e pelo TDHe de 4375 ml, havendo uma diferença média de 2172 ml (33%) (IC 95% de 1610 ml a 2736 ml, $P < 0,001$). Ao analisar o VR, encontramos um valor médio de 3452 ml pela pletismografia e 1535 pelo TDHe, com uma diferença de 1917 ml (55%) entre as duas técnicas (IC 95% de 1391 ml a 2442 ml, $P < 0,001$). Todos os pacientes que apresentaram resposta ao BD do Grupo II eram pacientes obstrutivos, com diversos graus de distúrbio ventilatório (tabela 5).

Discussão

Os volumes e capacidades (soma de volumes) pulmonares estáticos (absolutos) são constituídos pela capacidade pulmonar total (CPT), volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade vital (CV) (3).

A capacidade pulmonar total (CPT) constitui-se no volume de gás contido no pulmão após uma inspiração máxima, quando

a soma do rebote elástico do pulmão e da caixa torácica é igual e oposta ao esforço muscular respiratório, isto é, a CPT é a relação entre a força inspiratória e a distensibilidade do sistema respiratório (3).

A CPT é a soma de todos os volumes pulmonares, a saber: volume residual (VR), volume de reserva expiratória (VRE), volume de ar corrente (VAC), volume inspiratório de reserva (VRI). Os volumes abaixo da linha expiratória de repouso (fim da expiração corrente) são o VRE e o VR, cuja soma é denominada de capacidade residual funcional (CRF). A soma dos volumes acima da linha respiratória de repouso, VAC e VRI, constitui a capacidade inspiratória (CI). O volume máximo expirado após uma inspiração máxima é denominado de capacidade vital (CV). O volume residual (VR) é o volume de ar que permanece nos pulmões ao final de uma expiração máxima. Em condições de normalidade, no adulto jovem, a CPT é constituída em 75% pela CV e em 25% pelo VR (3).

O método pletismográfico é considerado o padrão áureo para a determinação da CPT. Ele consiste na aplicação prática da lei de Boyle, que estabelece que um volume de gás em temperatura constante varia inversamente com a pressão aplicada a ele. Os pletismógrafos mais usados são os de volume

Tabela 4. Grupo II (n = 8)^a

	Pletismografia	Hélio	Diferença
CPT (Normais)	5561 ml	4450 ml	1111 ml (20%)
CPT (Obstrutivos)	6302 ml	4551 ml	1751 ml (28%)
VR (Normais)	1982 ml	1309 ml	673 ml (34%)
VR (Obstrutivos)	3261 ml	1761 ml	1500 ml (46%)

^a Valores médios de CPT e VR.

constante e pressão variável. Resumidamente: sabendo-se o volume (V) e a pressão (P) inicial existentes dentro da caixa hermética do pletismógrafo, e medindo-se a pressão na boca (igual à pressão alveolar com a glote aberta) de um paciente em seu interior, pode-se estimar o volume pulmonar do paciente pela modificação da pressão dentro da caixa, modificação esta imposta pelo volume de ar corrente do paciente ($P_1V_1 = P_2V_2$) (4). Então, o método mede basicamente o volume de gás torácico (VGT) – corresponde à CRF – que, somado ao valor da CI obtido por espirometria, resulta na CPT. A subtração da CV (por determinação espirométrica) do CPT resulta no VR. Assim, há duas etapas na mensuração dos volumes pulmonares pela pletismografia: a determinação pletismográfica da CRF e a determinação espirométrica da CI e da CV (1-3).

O método mede o volume de gás total na caixa torácica (VGT), incluído gás fora do pulmão, o que pode superestimar o volume pulmonar. Por outro lado, ele não é afetado pelo grau de obstrução das vias aéreas e pelo alçaponamento de ar, incluindo os espaços aéreos não medidos pelos métodos de diluição (1,2). Também em obstruções muito graves, a CRF pode ser superestimada, uma vez que a pressão na boca pode não se igualar à pressão alveolar se as vias aéreas estiverem extensamente obstruídas (1-3).

O método de diluição mais extensamente usado atualmente é o da respiração única, (*single-breath*) que associa a avaliação da capacidade de difusão pelo monóxido de carbono (CO) e a determinação do volume alveolar (que seria igual à CPT) pela diluição do He (TDHe). A diluição de uma concentração inicialmente conhecida de He depende do volume de ar em alvéolos ventilados, isto é, em

comunicação com a boca. Assim, este método tende a subestimar os verdadeiros valores do volume alveolar, já que em casos de obstrução moderada ou grave e alçaponamento de ar o intercâmbio é menor e resulta em menor diluição do gás (2). Isto se verifica na prática, e em casos de distúrbios ventilatórios obstrutivos com alçaponamento aéreo os valores da CPT por determinação pletismográfica são maiores do que o volume de ar alveolar medido pelo TDHe, o que reduz a sensibilidade da determinação da CPT por método de diluição em respiração única.

Nos pacientes do grupo I, testados sem broncodilatador, a mensuração da CPT pela pletismografia em relação ao He mostrou valores maiores, tanto em pacientes com espirometria normal como nos obstrutivos, com 935 ml e 1679 ml de diferença média respectivamente, o que corresponde a 16% e 34% de variação ($P < 0,001$). Estes dados concordam com a assertiva de Aaron et al. (6), que menciona que nos pacientes com obstrução ao fluxo aéreo o verdadeiro volume pulmonar pode ser subestimado pelo método de diluição, a não ser que se prolongue o tempo de mistura. A cifra percentual na variação da média da CPT nos obstrutivos foi 9,7% no trabalho de Aaron, enquanto no nosso foi 34%, utilizando respectivamente as técnicas de respiração múltipla e única. No estudo de Cluff et al. (7), sobre métodos de mensuração dos volumes pulmonares, em 59 pacientes foi observada uma diferença de 470 ml (7%) nos normais e 710 ml (10%) nos obstrutivos entre as técnicas da pletismografia e respiração múltipla com o hélio. Surpreende-nos a magnitude da diferença obtida no nosso trabalho, principalmente em indivíduos normais, onde a mesma não deveria ultrapassar 10%. A revisão da técnica empregada não demonstrou

Tabela 5. Grupo II pós-BD (n = 17)^a

	Pletismografia	Hélio	Diferença
CPT	6548 ml	4375 ml	2172 ml (33%)
VR	3452 ml	1535 ml	1917 ml (55%)

^a Valores médios da CPT e VR em pacientes responsivos ao BD no teste espirométrico.

Tabela 6. Diferença entre CPT por pletismografia e TDHe ^a

Pacientes	Pré BD	Pós BD
Normais	+16%	+20%
Obstrutivos	+34%	+28%

^a Todos os valores foram mais altos pelo método pletismográfico ($P < 0,001$).

aparentemente erro sistemático, mas a técnica é muito delicada, necessitando de plena cooperação do paciente; a capacidade vital deve ser maior de 1500 ml (idealmente maior de 2000 ml) nos adultos, as manobras de inspiração, tempo de apnéia e expiração forçada devem ser realizadas conforme orientação, e a composição dos gases deve ser periodicamente revisada. Recente estudo de volumes pulmonares em 4.774 pacientes com doença pulmonar obstrutiva empregou exclusivamente o método pletismográfico (8).

O mesmo comportamento foi observado em relação ao VR, com uma diferença significativa de 692 ml (32%) nos normais e 1538 ml (45%) nos obstrutivos. Tanto para a CPT como para o VR, observamos maior diferença nos obstrutivos, o que reafirma a interferência das áreas mal ventiladas no resultado do exame. Esta diferença se mostrou estatisticamente significativa.

No grupo de pacientes que realizaram exames após uso de broncodilatador, a variação da CPT foi de 1111 ml para os normais e 1751 ml para os obstrutivos, o que representa 20% e 28% de variação respectivamente. A variação do VR foi de 673 ml (34%) nos normais e 1500 ml (46%) nos obstrutivos.

A diferença entre os dois métodos se manteve significativa nas duas situações pré e pós-BD, não evidenciando interferência do broncodilatador na relação entre os exames. Mesmo no subgrupo de pacientes responsivos ao BD, o comportamento foi similar, com superioridade dos valores pletismográficos e uma diferença estatisticamente significativa na CPT e no VR, conforme pode ser visto na tabela 6.

Conclusão

Com base nos dados analisados, podemos afirmar que há uma diferença estatisticamente significativa nos valores da CPT e no VR fornecidos pelo pletismógrafo e pelo método de respiração única com o He, com valores maiores obtidos pelo método pletismográfica. As maiores diferenças de VPT e VR são observadas nos pacientes obstrutivos, quando relacionados aos normais. O uso do broncodilatador não reduziu a diferença mensurada pelos dois, nem mesmo no subgrupo de pacientes com resposta significativa ao BD. A diferença observada entre os valores pode em parte ser decorrente das técnicas utilizadas. Nossos resultados não justificam mudar a rotina de realização da determinação da capacidade de difusão pelo respiração única da mistura CO/He antes da prova broncodilatadora, e nem sua duplicação, antes e depois de broncodilatador.

O resultado após uso de broncodilatador não confirmou a hipótese do trabalho, que admitia aproximação de valores de CPT entre ambos os métodos pela elevação dos valores de volume obtidos pelo teste de diluição.

Agradecimentos. Laboratório Glaxo Wellcome SA.

Referências

1. Wanger J. Pulmonary function testing. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996.
2. Ruppel GL. Manual of pulmonary function testing. 7th ed. St. Louis: Mosby; 1998.
3. West JB. Respiratory physiology – the essentials. 6th ed. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins;

- 2000.
3. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. *Jornal de Pneumologia* 1996;22:1-164.
 4. Kelley M. The physiologic basis of pulmonary function testing. In: Grippi, M, editor. *Pulmonary pathophysiology*. Philadelphia: J.B. Lippincott; 1995.
 5. Aaron S, Dales R, Cardinal P. How accurate is spirometry at predicting restrictive pulmonary impairment? *Chest* 1999;115:869-73.
 6. Cliff I, Evans A, Pantin C, Baldwin D. Comparison of two new methods for the measurement of lung volumes with two standard methods. *Thorax* 1999;54:329-33.
 7. Dykstra B, Scanlon P, Kester M, Beck K, Enright P. Lung volume in 4.774 patients with obstructive lung disease. *Chest* 1999;115:68-74.