

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIÊNCIAS MÉDICAS**

**DETERMINAÇÃO DOS VOLUMES PULMONARES ESTÁTICOS:
COMPARAÇÃO ENTRE PLETISMOGRAFIA CORPORAL E MÉTODO DE
DILUIÇÃO DO HÉLIO EM INDIVÍDUOS PORTADORES DE DISTÚRBO
VENTILATÓRIO OBSTRUTIVO, RESTRITIVO E INDIVÍDUOS COM
ESPIROMETRIA NORMAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PATRÍCIA CHAVES COERTJENS

PORTO ALEGRE

2007

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas

**DETERMINAÇÃO DOS VOLUMES PULMONARES ESTÁTICOS:
COMPARAÇÃO ENTRE PLETISMOGRAFIA CORPORAL E MÉTODO DE
DILUIÇÃO DO HÉLIO EM INDIVÍDUOS PORTADORES DE DISTÚRBIO
VENTILATÓRIO OBSTRUTIVO, RESTRITIVO E INDIVÍDUOS COM
ESPIROMETRIA NORMAL**

Patrícia Chaves Coertjens

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Saldanha Menna Barreto

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Marli Maria Knorst

Dissertação para obtenção do título de mestre
apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Medicina: Ciências Médicas da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, Agosto de 2007

RS- Brasil

C672d Coertjens, Patrícia Chaves

Determinação dos volumes pulmonares estáticos : comparação entre pletismografia corporal e método de diluição do hélio em indivíduos portadores de distúrbio ventilatório obstrutivo, restritivo e indivíduos com espirometria normal / Patrícia Chaves Coertjens ; orient. Sérgio Saldanha Menna Barreto ; co-orient. Marli Maria Knorst. – 2007.

79 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas. Porto Alegre, BR-RS, 2007.

1. Pletismografia
 2. Técnicas de indicadores de diluição
 3. Hélio
 4. Doença pulmonar obstrutiva crônica
 5. Transtornos respiratórios
 6. Espirometria
- I. Menna Barreto, Sérgio Saldanha II. Knorst, Marli Maria III. Título.

NLM: WF 600

Catálogo Biblioteca FAMED/HCPA

“Não existe vento favorável para aquele que não sabe para onde vai.”

Arthur Schopenhauer

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Sérgio Saldanha Menna Barreto por ter me recebido tão bem desde a primeira vez que me apresentei. Agradeço suas orientações, competência, dedicação e entusiasmo. Pela oportunidade de fazer parte do grupo de pesquisa do serviço de Pneumologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre e por ter me apresentado uma amiga, Marli.

À Professora Doutora Marli Maria Knorst, orientadora e amiga pelo tempo dedicado a este projeto, pelas reuniões e discussões de artigos e projetos em conjunto com suas orientandas e horas extras dedicadas. Faltam palavras para agradecer todos os momentos e conversas.

Às amigas de coração Adriane Pasqualoto, Anelise Dumke, Darlene Bitencourt, “as gurias de Ijuí” e a Andréa Silva. Muito obrigada pela amizade e apoio durante todo o tempo. Em especial à Anelise pela colaboração intensa na realização deste projeto.

Aos funcionários do serviço de Pneumologia: Cleonisse – pelo apoio e amizade; Júlio, Luciane e Brigita – pelo ensino e oportunidade de poder realizar os exames de função pulmonar com os pacientes; e a amiga Rosa pelas conversas, cafezinhos e apoio.

Ao professor Marcelo Gazzana pelo valioso empréstimo de seus livros.

Ao meu paizão Moacyr Pereira Chaves meu muito obrigada por tudo. Não há palavras para agradecer todo o apoio, ajuda, dedicação e amor dedicado aos filhos e ao neto. Obrigada por ter desempenhado tão bem o papel que a vida te obrigou também a assumir como mãe há quase 15 anos. Pela sua dedicação aos estudos dos filhos em todos os momentos. Te amo muito.

À minha falecida mãe Maria Regina Xavier Chaves pelos ensinamentos, intenso amor e carinho com os filhos durante os 15 anos que nos foi permitido ficar juntas. Sentimos muito a tua falta.

Ao meu filho Lucas meu agradecimento em especial, pela paciência e compreensão de poder ficar mais tempo na escola do que com seus pais, para podermos terminar junto s nossos mestrados. Peço desculpas pelo tempo que não brincamos como gostaríamos. Obrigada por ser um filho muito amado e carinhoso. A mãe te ama muito gatinho.

Ao meu marido Marcelo Coertjens meu eterno agradecimento. Obrigada meu amor pelo incentivo e dedicação durante todos estes anos juntos. Pela ajuda e orientação nesta pesquisa também. Pela paciência que tivemos que ter um com o outro na luta estressante de terminar o mestrado ao mesmo tempo e dividir além das tarefas da casa o tão disputado computador.

Aos meus irmãos Alexandre e Renata Xavier Chaves o agradecimento pela infância maravilhosa, amizade e crescimento juntos. Obrigada aos dois pelo apoio recebido nos momentos em que precisei contar com vocês. Pelo amor e carinho dedicado ao meu filho. Amo vocês.

Aos estatísticos Vânia e Riboldi pelo apoio e dedicação a este trabalho.

À professora deste Programa de Pós-graduação, Sandra Costa Fuchs pela competência e exemplo.

Aos funcionários do PPG Ciências Médicas pelo apoio, em especial à Vera, Fagner e Lucas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro prestado.

“Dedico ao meu paizão por todo
empenho e dedicação
aos estudos dos filhos”

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATS	American Thoracic Society
cm	Centímetros
CPT	Capacidade pulmonar total
CPT _{He}	Capacidade pulmonar total mensurada pelo método de diluição do hélio por respiração única
CPT _P	Capacidade pulmonar total mensurada pela pletismografia
CRF	Capacidade residual funcional
CV	Capacidade vital
CVL	Capacidade vital lenta
CVF	Capacidade vital forçada
Δ	Delta, diferença
ΔCPT _{P-H}	Delta da capacidade pulmonar total da pletismografia em relação ao método de diluição do hélio
ΔCPT _{P-H} % prev	Porcentagem do previsto do delta da capacidade pulmonar total da pletismografia em relação ao método de diluição do hélio
ΔVR _{P-H}	Delta do volume residual da capacidade pulmonar total da pletismografia em relação ao método de diluição do hélio
ΔVR _{P-H} % prev	Porcentagem do previsto do delta do volume residual da pletismografia em relação ao método de diluição do hélio
DP	Desvio-padrão
O ₂	Monóxido de carbono
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
D _{CO}	Difusão do monóxido de carbono
D _{CO} % prev	Porcentagem do previsto para a capacidade de difusão do monóxido de carbono
D _{CO} /V _A	Relação da capacidade de difusão do monóxido de carbono e volume alveolar
D _{CO} /V _A % prev	Porcentagem do previsto para a relação da capacidade de difusão do monóxido de carbono e volume alveolar
DVO	Distúrbio ventilatório obstrutivo
DVR	Distúrbio ventilatório restritivo
ep	Erro Padrão
gr	Gramas
GVA	Condutância específica das vias aéreas
H	Hélio
He	Gás Hélio
IC	Intervalo de confiança
IMC	Índice de massa corporal
IT	Índice tabágico
kg	Quilograma
kg/m ²	Quilogramas por metros quadrados
l	Litros
L	Litros

>	Maior
<	Menor
±	Mais ou menos
mcg	Microgramas
MDH	Método de diluição do hélio
mmHg	Milímetros de mercúrio
ml	Mililitros
ml·min ⁻¹ ·mmHg	Mililitros por minuto por milímetros de mercúrio
min	Minutos
mod	Moderado
n	Número
O ₂	Gás Oxigênio
p	Nível de significância
%	Porcentagem
P	Pletismografia
r	Coeficiente de correlação
r ²	Coeficiente de determinação
RVA	Resistência das vias aéreas
s	Segundo
V _A	Volume alveolar, capacidade pulmonar total mensurada pelo método de diluição do hélio
V _A /CPT	Relação entre o volume alveolar e a capacidade pulmonar total
VEF ₁	Volume expiratório forçado em um segundo
VEF ₁ /CVF	Índice de tiffeneau
VEF ₁ % prev	Porcentagem do previsto do volume expiratório forçado em um segundo
VR	Volume residual
VR _{He}	Volume residual mensurado pelo método de diluição do hélio
VR _P	Volume residual mensurado pela pletismografia
VR/CPT	Relação do volume residual sobre capacidade pulmonar total
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VCO ₂	Produção de Dióxido de Carbono
VGT	Volume de gás torácico
VR	Volume residual
vs	Versus

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Características antropométricas, história tabágica e parâmetros funcionais de 169 indivíduos estratificados de acordo com o diagnóstico funcional pulmonar.....	60
TABELA 2.	Diferença entre a pletismografia e o método de diluição do hélio para as variáveis CPT e VR em 169 indivíduos estratificados de acordo com o diagnóstico funcional pulmonar.....	61

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1.	Ilustração de uma cabine pletismográfica.....	6
FIGURA 2.	Ilustração do pneumotacógrafo.....	6
FIGURA 3.	Ilustração esquemática da distribuição de uma concentração conhecida de hélio com obturador fechado e posteriormente, após alguns minutos da abertura deste obturador mostrando a mistura do gás (Johns Hopkins School of Medicine's).....	8

ARTIGO EM PORTUGUÊS

FIGURA 1.	Comparação das variáveis CPT e VR valores absolutos e percentuais do previsto medidos pela pletismografia e pelo método de diluição do hélio nos diferentes grupos de pacientes, estratificados de acordo com o diagnóstico funcional pulmonar.....	62
FIGURA 2.	Correlações entre as diferenças mensuradas pela pletismografia e pelo método de diluição do hélio por respiração única das variáveis capacidade pulmonar total e volume residual e o percentual do previsto do volume expiratório forçado no primeiro segundo nos grupos de indivíduos com espirometria normal (A), padrão obstrutivo (B) e padrão restritivo (C).....	63
FIGURA 3.	Comparação entre valores da capacidade pulmonar total e do volume residual mensurados pela pletismografia e pelo método de diluição do hélio por respiração única (Bland Altman).....	64

Resumo

A pletismografia e o método de diluição do Hélio (He) por respirações múltiplas são considerados como padrões para mensurar os volumes pulmonares. O valor do método de diluição do He por respiração única, utilizado durante mensuração da capacidade de difusão pulmonar, para estimar os volumes pulmonares reais é alvo de controvérsias.

Objetivo: Determinar se a capacidade pulmonar total (CPT) e o volume residual (VR) mensurados pelo método de diluição do He por respiração única (CPT_{He} e VR_{He}) podem ser utilizados em substituição aos valores obtidos por pletismografia (CPT_P e VR_P) em indivíduos sem e com obstrução ao fluxo aéreo.

Métodos: Estudo transversal retrospectivo. Foram estudados 169 indivíduos que realizaram espirometria e determinação de volumes pulmonares pela pletismografia e pelo método de diluição do He, sendo 27 indivíduos com espirometria normal, 93 portadores de distúrbio ventilatório obstrutivo (DVO) por doença pulmonar obstrutiva crônica e 49 indivíduos portadores de distúrbio ventilatório restritivo (DVR). Os valores da CPT e do VR mensurados pelos dois métodos foram comparados entre os grupos.

Resultados: Os volumes pulmonares mensurados pela pletismografia foram maiores que os determinados pelo método de diluição do He em todos os grupos analisados. Nos indivíduos normais e com DVR, a diferença entre os métodos para a CPT variou de 0,56 L a 0,88 L e para a VR de 0,42 L a 0,75 L. Nos indivíduos portadores de DVO a diferença na CPT variou de 1,72 L a 3,17 L e no VR de 1,60 L a 2,95 L. O coeficiente de correlação nos 169 pacientes entre os valores obtidos pelos dois métodos foi de 0,71 para a CPT ($p < 0,001$) e de 0,62 para o VR ($p < 0,001$). A análise pelo método de Bland-Altman dos valores de volumes pulmonares obtidos pelos dois métodos mostrou uma maior discordância entre as medidas nos pacientes com DVO e volumes pulmonares maiores.

Para prever a CPT_P e o VR_P a partir da CPT_{He} e o VR_{He} foi utilizada uma equação de regressão para corrigir os valores de acordo com o grau de obstrução ao fluxo aéreo. A equação de regressão para prever a diferença da CPT entre os dois métodos foi: $Y = 4,489 - 0,043X$, onde $Y = CPT_{P-H}$ e $X = VEF_1/CVF$ e para prever a diferença do VR foi: $Y = 4,243 - 0,042X$, onde $Y = RV_{P-H}$ e $X = VEF_1/CVF$.

Conclusões: A pletismografia mensura volumes pulmonares maiores em comparação com o método de diluição do He por respiração única, independente do diagnóstico funcional pulmonar, sendo as maiores discrepâncias observadas nos pacientes com DVO. A correção dos valores da CPT_{He} e do VR_{He} para a gravidade da obstrução ao fluxo aéreo pode melhorar a acurácia de uma técnica relativamente rápida, mais simples e mais disponível.

Palavras chave: Pletismografia; método de diluição do hélio; distúrbio ventilatório obstrutivo; distúrbio ventilatório restritivo.

Introdução

Entre as provas de função pulmonar utilizadas para a determinação dos volumes pulmonares estão a pletismografia corporal, o método de diluição de gases inertes em circuito aberto ou fechado (respiração única ou múltipla respectivamente), lavado de nitrogênio e métodos radiográficos^{6,7}. Dessas técnicas, a pletismográfica e o método de diluição do hélio por respirações múltiplas são consideradas padrão -ouro¹⁶. No entanto, por serem técnicas que apresentam um custo mais elevado, tornam mais difícil o acesso para a realização das provas de função pulmonar. Um método alternativo, mais acessível economicamente aos laboratórios e locais de provas de função pulmonar e com maior praticidade para sua realização, é o método de diluição do hélio por respiração única. Além disso, esta técnica traz a vantagem da determinação da capacidade de difusão pelo monóxido de carbono.

Alguns estudos foram realizados comparando os diferentes métodos de mensuração dos volumes pulmonares. Entretanto, a comparação entre indivíduos com diferentes diagnósticos dificulta a credibilidade dos testes. Desta forma, realizamos um estudo comparando a pletismografia e o método de diluição do hélio em indivíduos considerados normais, em portadores de distúrbio ventilatório obstrutivo, e em portadores de distúrbio ventilatório restritivo com diferentes graus de estratificação.

REVISÃO DE LITERATURA

Volumes pulmonares

A mensuração dos volumes pulmonares absolutos é realizada rotineiramente nos serviços de pneumologia com o intuito de caracterizar alguns quadros fisiopatológicos, em complementação a espirometria. No caso de distúrbio ventilatório restritivo (DVR), a espirometria pode sugerir restrição, o diagnóstico é confirmado através da determinação dos volumes pulmonares. Entre as outras indicações deste exame estão:

- 1) diagnóstico de hiperinsuflação pulmonar e alçapamento aéreo ^{1,2,3}
- 2) avaliação do uso de broncodilatadores ¹
- 3) pré-operatório de cirurgia pulmonar ^{2,4}
- 4) mensuração da capacidade de difusão pulmonar ⁵
- 5) avaliação da incapacidade ou invalidez pulmonar ¹

Os volumes pulmonares absolutos referem-se ao volume residual (VR), capacidade residual funcional (CRF) e capacidade pulmonar total (CPT), pois estes não podem ser mensurados através da espirometria. Vários métodos são utilizados com o objetivo de avaliar esses volumes, tais como: a pletismografia de corpo inteiro; a técnica de diluição de gases, principalmente o hélio (He), sendo este medido em circuito aberto ou fechado (respiração única ou múltipla respectivamente), assim como o nitrogênio; existem ainda o lavado de nitrogênio e os métodos radiográficos, os quais podem ser feitos de duas maneiras, uma planimétrica e outra elipsóide ^{6,7}. Entre os métodos citados, a pletismografia e o método de diluição do He (MDH) são os mais utilizados para a mensuração dos volumes pulmonares.

A pletismografia de corpo inteiro iniciou na década de 50, com o intuito de mensurar os volumes pulmonares, pressão alveolar e resistência das vias aéreas – RVA^{8,9}. Além disso, são feitas as mensurações do volume de gás intratorácico (VGT) e da condutância das vias aéreas (GVA)^{8,10}. O exame é realizado dentro de uma cabine hermeticamente fechada, onde são feitas inspirações e expirações, que causam de scompressão e compressão do ar torácico. A respiração é realizada contra um obturador fechado através de um pneumotacógrafo, sendo utilizada a lei de Boyle -Mariotte para a aquisição dos valores das variáveis mensuradas^{8,10}. A figura 1 ilustra uma cabine pletismográfica. Na figura 2 está o pneumotacógrafo dentro da cabine.



FIGURA 1: Ilustração de uma cabine pletismográfica.



FIGURA 2: Ilustração do pneumotacógrafo

Dentre os testes de função pulmonar, a pletismografia é considerada o padrão-ouro^{6,11}. Os registros são feitos através de mudanças de pressão, volume ou fluxo⁶. Os pletismógrafos podem ser divididos em pletismógrafo de pressão, o qual possui volume constante e pressão variada, e ainda em pletismógrafo de volume variável e pressão constante; este último tipo compreende o pletismógrafo de deslocamento de volume ou de fluxo⁶. Dos tipos de pletismógrafos o mais utilizado é o de volume constante e pressão variável⁶.

O MDH é usado para determinação do volume alveolar (V_A). A concentração inicial dos gases é previamente conhecida: 25 -30% de oxigênio e 10% de hélio¹⁰. O método pode ser feito através de respirações múltiplas, também chamado sistema fechado, ou por respiração única, chamado sistema aberto^{12,13}. A técnica de respiração múltipla, é considerada padrão-ouro juntamente com a técnica pletismográfica⁷. A determinação da capacidade de difusão pelo monóxido de carbono (D_{CO}) é realizada através do MDH por respiração única; esta técnica é amplamente utilizada além de ter a vantagem de ser mais acessível economicamente aos laboratórios e locais de provas de função pulmonar. A figura 3 mostra inicialmente um indivíduo antes da realização do teste do He com o obturador fechado e, posteriormente após a abertura do obturador onde o indivíduo realiza a respiração, ocorrendo à mistura do gás nos pulmões até ocorrer o equilíbrio.

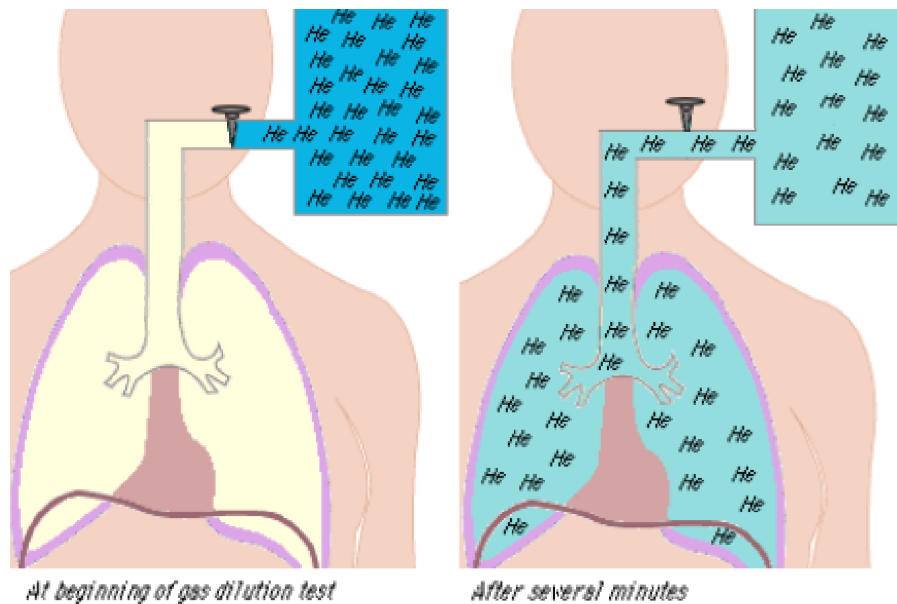


FIGURA 3: Ilustração esquemática da distribuição de uma concentração conhecida de hélio com obturador fechado e posteriormente, após alguns minutos da abertura deste obturador mostrando a mistura do gás. Extraída do Johns Hopkins School of Medicine's ¹⁴.

Em relação ao lavado de nitrogênio, este ocorre através de respirações múltiplas em sistema aberto. O indivíduo realiza inspiração de 100% de oxigênio (O_2) durante alguns minutos, onde é coletado também a quantidade de nitrogênio expirado. Ao final, é realizada a determinação da CRF ¹⁵.

O método radiográfico para determinação dos volumes pulmonares possui boa acurácia, porém é dependente da qualidade da radiografia. Dentre suas técnicas, planimétrica e elipsóide, uma realiza traçados em duas dimensões e desta forma realiza mensuração integrada de uma área, enquanto a outra, realiza uma divisão do pulmão em cinco partes ⁶. A técnica planimétrica tem apresentado boa acurácia e reprodutibilidade como método alternativo para mensuração dos volumes pulmonares em relação as técnicas consideradas padrão-ouro (pletismografia e o MDH por respirações múltiplas) ¹⁶.

Comparação entre as técnicas de determinação dos volumes pulmonares

Habitualmente a pletismografia e o MDH são utilizados nas provas de função pulmonar para a mensuração de volumes pulmonares. Alguns estudos publicados em relação à comparação desses métodos, mostraram que o primeiro apresenta valores maiores para algumas variáveis, principalmente tratando-se de pessoas portadoras da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)^{17,18}. Entretanto, há estudos que relatam não haver diferença significativa entre os métodos⁷.

Um estudo realizou a comparação entre os dois métodos citados acima com a técnica do balanço de nitrogênio e um modelo matemático. A amostra era composta de sujeitos saudáveis sem comprometimento funcional pulmonar ou cardiovascular, os quais foram considerados normais e, de indivíduos portadores de DVO ou D VR. As variáveis utilizadas para comparação foram a CPT e o VR. Nos indivíduos normais foi encontrado uma diferença de 7,2% para a variável CPT mensurada pela pletismografia e pelo MDH por respirações múltiplas, no entanto nos indivíduos portadores de DVR a técnica do nitrogênio foi maior que a pletismografia e o MDH. O modelo matemático foi menor que os mesmos para este grupo de pacientes. Este modelo matemático acabou superestimando volumes pulmonares maiores e subestimando os volumes menores. Nos indivíduos portadores de distúrbio ventilatório obstrutivo (DVO) este modelo apresentou os maiores valores, diferentemente do MDH por respirações múltiplas, o qual foi menor neste grupo¹⁸.

Quando comparados a pletismografia, a radiografia da área pulmonar e os dois MDH (respiração única e múltipla) em 16 indivíduos do sexo masculino expostos ao asbesto, os achados quanto à CPT mostraram que tanto a pletismografia quanto a radiografia não apresentaram diferenças significativas entre si, porém, foram maiores 22,91% que o MDH por respiração múltipla e 16,37% por respiração única. De forma

semelhante, estes dois MDH também não tiveram diferenças significantes entre eles. Para a variável VR/CPT calculada pela pletismografia e pela radiografia resultou em 56,9% e 54,6% respectivamente, não apresentando diferenças estatísticas entre os métodos, porém, seus resultados foram maiores que o MDH tanto por respiração única quanto múltipla, o qual foi de 43,8%. Chegou-se a conclusão que estas duas técnicas subestimaram tanto a CPT quanto o VR, mesmo que os resultados da técnica da respiração única tenham se aproximado dos valores obtidos pela pletismografia e radiografia mais do que os volumes medidos pelo sistema fechado ¹⁹.

Comparando as técnicas do MDH de respiração única e múltipla em pessoas normais (1123), com DVO (2740), DVR (744) e misto (762), chegou-se à conclusão que em pessoas com a relação volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) sobre a capacidade vital forçada (VEF_1/CVF) abaixo de 0,70, a relação entre o V_A e a CPT (V_A/CPT), mostrou que o V_A subestimou a CPT analisada por respiração múltipla. Aumentando a gravidade da obstrução, aumentou de forma progressiva a discrepância entre os volumes pulmonares analisados pelas duas técnicas. As duas técnicas foram comparáveis em sujeitos normais e em portadores de DVO leve. Nas pessoas portadoras de DVR não houve diferença entre as técnicas independente da gravidade da doença ¹².

Visando comparar a CPT medida pela pletismografia com o MDH de respiração única e múltipla, foi realizado um estudo com 815 indivíduos do sexo masculino. Todos os participantes eram portadores de obstrução leve das vias aéreas. Diferenças estatisticamente significativas na CPT foram encontradas entre a mensuração feita pela pletismografia e pelo MDH por respirações múltiplas em relação ao método de respiração única (0,75 litros e 0,71 litros respectivamente, $p < 0,001$). A exceção foi entre a

pletismografia e o MDH por respirações múltiplas, onde a diferença foi de 0,04 litros ($p=0,185$)¹⁷.

De forma contrária, outro estudo utilizando as mesmas técnicas citadas encontrou diferença entre a pletismografia e o MDH por respirações múltiplas de 0,26 litros em indivíduos normais e de 1,14 litros em pacientes com doença pulmonar. Não houve diferença significativa entre as duas técnicas do MDH. Entretanto, este estudo foi realizado com 22 homens considerados normais e o grupo de indivíduos com doença pulmonar era composto por 10 crianças e 52 adultos com diferentes diagnósticos²⁰.

Da mesma forma, em outro estudo realizado com 23 mulheres grávidas, a discrepância entre o método pletismográfico e o MDH por respirações múltiplas foi de 0,38 litros para a variável CPT e de 0,24 litros para o VR no terceiro trimestre da gestação²¹.

Em uma amostra de 4774 indivíduos que realizaram espirometria e pletismografia, 56% eram indivíduos sem doença respiratória, considerados normais e o restante com diferentes doenças pulmonares. Do total desses indivíduos 11,2% tiveram mais de um diagnóstico respiratório e 78% eram fumantes ou ex-fumantes. Foi confirmado neste estudo que os níveis de hiperinsuflação foram significativamente associados com os graus de obstrução das vias aéreas e o indicativo utilizado foi a porcentagem do previsto do VEF_1 (VEF_1 %prev). Algumas variáveis utilizadas como índices de hiperinsuflação foram correlacionadas com VEF_1 %prev, entre elas o coeficiente de determinação (r^2) para VR/CPT %prev foi de 58%, para VR %prev foi de 44% e para CPT %prev foi de 10% e todos foram estatisticamente significativos ($p < 0,0001$). Para a variável VR/CPT %prev outras variáveis acrescentadas ao modelo de regressão também a influenciaram, foram elas: estatura, idade, sexo masculino, diagnóstico de asma e deficiência de alfa 1 antitripsina. Entretanto a variável VEF_1 %prev sozinha explica pela maior parte dos 70,9%

do total da influência de todas essas variáveis sobre VR/CPT %prev. Para a variável VR %prev as variáveis como estatura, idade, diagnóstico de enfisema, asma, deficiência de alfa 1 antitripsina, peso, sexo masculino e fumo atual, acrescentadas ao modelo de regressão corresponderam a 42,2%, a variável VEF₁ %prev correspondeu a 32,2%. Para a variável CPT %prev as variáveis acrescentadas ao modelo de regressão foram estatura, idade, sexo masculino, diagnóstico de asma e deficiência de alfa 1 antitripsina, além do fumo atual. Todas elas corresponderam a 10% da correlação, o mesmo resultado da variável VEF₁ %prev. O total de pacientes analisados foram subdivididos em dois grupos: asmáticos que nunca fumaram e fumantes portadores de DPOC. Houve forte associação entre a relação VR/CPT (hiperinsuflação) com os níveis de obstrução das vias aéreas, sendo que estes valores não apresentaram diferenças entre ambos os grupos. No entanto, indivíduos com grau de obstrução moderada e grave apresentaram uma média do VR mais alta no grupo da DPOC do que no grupo dos asmáticos³.

Dentre outras técnicas para a mensuração dos volumes pulmonares, a técnica planimétrica tem sido um método alternativo. Os resultados de estudo realizado em comparação com a pletismografia e o MDH em indivíduos normais e em portadores de DVO, mostrou valores semelhantes aos mensurados pela pletismografia. De outra forma, seus valores foram superiores aos apresentados pelo MDH por respirações múltiplas¹⁶.

Da mesma forma, em 15 indivíduos com asma ocupacional e 10 indivíduos sem DVO ou DVR, foi encontrado entre as técnicas planimétrica e o MDH por respirações múltiplas, uma diferença de 0,169 L e 0,162 L, respectivamente. Contrariando estes achados, em 40 indivíduos com asbestose e 5 pacientes com DVR, foi encontrado uma discrepância de 0,986 L e 1,135 L, respectivamente, favorecendo a técnica planimétrica para estes grupos de indivíduos⁷.

As discrepâncias na avaliação dos volumes pulmonares pelas diferentes técnicas existentes ainda têm sido motivo para estudos. Deste modo, a descrição de métodos alternativos acessíveis à população, assim como a análise da validade e a ampliação do leque de indicações de técnicas já utilizadas na rotina, como é o caso do MDH por respiração única e seu papel para estimar os volumes pulmonares, podem ser úteis.

OBJETIVO GERAL

Comparar a técnica da pletismografia corporal e o método da diluição do hélio para determinação dos volumes pulmonares estáticos em indivíduos portadores de distúrbio ventilatório obstrutivo por DPOC, em indivíduos portadores de distúrbio ventilatório restritivo e em indivíduos com espirometria normal.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Estudar a influência do grau da obstrução ao fluxo aéreo em relação as duas técnicas de determinação dos volumes pulmonares estáticos .

Identificar o papel da obstrução ao fluxo aéreo para estimar os volumes pletismográficos a partir dos volumes obtidos pelo método de diluição do hélio por respiração única.

REFERÊNCIAS

- 1) Menna Barreto SS. Diretrizes para testes de função pulmonar. Volumes pulmonares. J Pneumol 2002; 28(3): 83-94.
- 2) Neder JA, Andreoni S, Castelo Filho A et al. Reference values for lung function tests. I. Static volumes. Braz J Med Biol Res 1999; 32: 703-717.
- 3) Dykstra BJ, Scanlon PD, Kester MM, Beck KC, Enright PL. Lung volumes in 4.774 patients with obstructive lung disease. Chest 1999, 115: 68 -74.
- 4) Torpy JM, Lynn C, Glass RM. Preparing for surgery: evaluation of lung function. Jama 2007; 297: 19.
- 5) American Thoracic Society. Single-breath carbon monoxide diffusing capacity (transfer factor). Am J Respir Crit Care Med 1995; 152: 2185 -2198.
- 6) Menna Barreto SS, Cavalazzi AC. Diretrizes para testes de função pulmonar. Determinação dos volumes pulmonares: métodos de mensuração dos volumes pulmonares. J Pneumol 2002; 28(3): 95 -100.
- 7) Pappas GP, Brodtkin CA, Sheppard L, Balmes J, Horike M, Barnhart S. The validity of radiographic estimation of total lung capacity in patients with respiratory disease. Chest 1998; 114: 513-520.
- 8) Dias RM, Chauvet PR, Siqueira HR et al. Noções básicas para o entendimento dos testes de função respiratória. Testes de função respiratória: do laboratório à aplicação clínica com 100 exercícios para diagnóstico. São Paulo. Atheneu. 2000.
- 9) Lemle A, Pomp G. Provas de função pulmonar especiais. In: Provas de função pulmonar na prática diária. Rio de Janeiro: EPUC, 1994; 59 -72.
- 10) Wanger JL, Clausen A, Coates OF, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. Eur Respir J 2005; 26: 511 -522.

- 11) Pesola GR, Magari RT, Dartey-Hayford S, Coelho-D'Costa V, Chinchilli VM. Total lung capacity: single breath methane dilution versus plethysmography in normals. *Respirology* 2007; 12: 291-294.
- 12) Punjabi NM, Shade D, Wise RA. Correction of single-breath helium lung volumes in patients with airflow obstruction. *Chest* 1998; 114: 907 -918.
- 13) Van der Lee I, Van Es HW, Noordmans HJ, Van den Bosch JMM, Zanen P. Alveolar volume determined by single-breath helium dilution correlates with the high- resolution computed tomography-derived nonemphysematous lung volume. *Respiration* 2005; 461: 1 - 6.
- 14) Johns Hopkins School of Medicine's. Interactive Respiratory Physiology: Gas Dilution. [on line] 1995. [cited in 2007 Mar 13]. Available from : URL: http://oac.med.jhmi.edu/res_phys/Encyclopedia/GasDilution/GasDilution.html
- 15) Cherniack RM. Avaliação da função ventilatória. In: Testes de função pulmonary . Rio de Janeiro: Revinter 1995; 133-174.
- 16) Spence DPS, Kelly YJ, Ahmed J, Calverley PMA, Pearson MG. Critical evaluation of computerised x ray planimetry for the measurement of lung volumes. *Thorax* 1995; 50: 383-386.
- 17) Schünemann HJ, Dmochowski J, Campbell LA, Grant B.J.B. A novel approach for quality control of total lung capacity in the clinical pulmonary function laboratory: a study in a veteran population. *Respirology* 2003; 8: 365 -370.
- 18) Cliff IJ., Evans AH, Pantin CFA, Baldwin DR. Comparison of two new methods for the measurement of lung volumes with two standard methods. *Thórax* 1999; 54: 329 -333.

- 19) Kilburn KH, Miller A, Warshaw R.H. Measuring lung volumes in advanced asbestosis: comparability of plethysmographic and radiographic versus helium re breathing and single breath methods. *Respiratory Medicine* 1993; 87: 115 -120.
- 20) Mitchell MM, Renzetti, AD. Evaluation of a single -breath method of measuring total lung capacity. *Am Rev Respir Dis* 1968; 97: 571 -580.
- 21) Garcia-Rio F, Pino-Garcia JM, Serrano S, Racionero MA, Terreros-Caro JG, Alvarez-Saia R, Villasante C, Villamor J. Comparison of helium dilution and plethysmographic lung volumes in pregnant women. *Eur Resp J* 1997; 10: 2371 -2375.

DETERMINATION OF STATIC LUNG VOLUMES: COMPARISON BETWEEN WHOLE BODY PLETISMOGRPAHY AND THE HELIUM DILUTION METHOD IN PATIENTS WITH OBSTRUCTIVE AND RESTRICTIVE VENTILATORY DISORDERS AND INDIVIDUALS WITH NORMAL SPIROMETRY.

Patrícia Chaves Coertjens¹; Marli Maria Knorst²; Sérgio Saldanha Menna Barreto³

Abstract

Objective: Determine whether total lung capacity (TLC) and residual volume (RV) measured using the single-breath Helium dilution method (TLC_{He} and RV_{He}) can be used to replace the values obtained by plethysmography (TLC_P and RV_P) in individuals with and without airflow obstruction.

Methods: Cross-sectional study. One hundred and sixty-nine individuals were studied. They underwent spirometry and lung volume was determined by means of plethysmography and the Helium dilution method: 27 individuals presented normal spirometry, 93 obstructive ventilatory disorder (OVD) and 49 restrictive ventilatory disorder (RVD).

Results: The coefficient of correlation in the 169 patients between the values obtained from the two methods was 0.71 for TLC ($p < 0.001$) and 0.62 for RV ($p < 0.001$). A regression equation was used to predict TLC_P and RV_P from the TLC_{He} and RV_{He} to correct the values according to the degree of airflow obstruction. The regression equation to predict the difference in TLC between the two methods was: $Y = 4.489 - 0.043X$, where $Y = TLC_{P-H}$

and $X = FEV_1/FVC$ and to predict the difference in RV was: $Y = 4.243 - 0.042X$, where $Y = RV_{P-H}$ and $X = FEV_1/FVC$.

Conclusions: The correction of TLC_{He} and RV_{He} values for the severity of airflow obstruction can improve the accuracy of a relatively quick, simpler and more available technique.

Key words: Plethysmography; helium dilution method; obstructive ventilatory disorder; restrictive ventilatory disorder.

1 Master's student in Medical Sciences – UFRGS.

2 Pneumologist at the Hospital de Clínicas in Porto Alegre (HCPA)

3 Pneumologist at the Hospital de Clínicas in Porto Alegre, head of the Pneumology Division at the HCPA

Mailing address: Ramiro Barcelos 2350 sala 2050 – HCPA. Sérgio Saldanha Menna Barreto, e-mail: smenna@hcpa.ufrgs.br

Where conducted: HCPA. Financial support: FIPE.

INTRODUCTION

The measurement of static lung volumes is part of the functional lung evaluation and is generally carried out after the spirometry. Since the lung's mechanical behavior depends on its elastic properties and its volume, the determination of lung volumes provides important information about the physiopathological repercussions of ventilatory processes.

Besides determining the presence or absence of physiological alterations, lung function tests verify and rank the functional repercussion of lung diseases^{1,2}, contribute to an understanding of the origin of dyspnea¹ and exercise intolerance³, and are also useful to evaluate surgical risk during pre-surgical preparation^{2,4}.

The routine functional tests include spirometry, carbon monoxide diffusing capacity (D_{CO}), static lung volumes and arterial gasometry. Static lung volumes, represented by total lung capacity (TLC), functional residual capacity (FRC) and residual volume (RV) serve to diagnose hyperinflation and air-flow trapping, as well as lung restriction⁵.

Lung volumes can be determined by plethysmography, by the inert gas dilution technique (especially helium), and using image methods^{1,6,7,8}. Whole body plethysmography measures the volume of intrathoracic gases based on Boyle's law and it is considered the gold standard for quantifying lung volume^{9,10}. The multiple-breath helium dilution method used in a closed system is accepted and broadly used to measure lung volumes in routine care⁷. This method provides lung volume values comparable to those measured by plethysmography¹¹.

The single-breath helium dilution method in an open system is used to estimate alveolar volume while determining lung carbon monoxide diffusing capacity. However, since it depends on air that is mobilized during a single ventilatory maneuver, this technique may underestimate lung volume capacity in comparison with plethysmography in patients with an accentuated lack of uniformity in ventilation distribution^{12,13}. The comparison between the two techniques used to quantify lung volume - the single-breath or multiple-breath helium dilution methods - demonstrated an absence of significant differences between the two in individuals without airflow obstruction^{6,7}; however, in patients with obstructive ventilatory disorder, discrepancies of up to 34% were observed between the two measurements in patients with a greater degree of obstruction⁷. The single-breath helium technique value for measuring lung volumes is not well-established since previous studies are contradictory and stratification of the functional disorder according to severity has not always been considered.

On the other hand, the single-breath helium dilution technique is more available and more affordable and it uses less complex equipment compared to the whole body plethysmograph. It also has the operational advantage of being connected to the determination of lung carbon monoxide diffusing capacity (D_{CO}). Considering the above mentioned aspects, the objective of our study is to compare lung volume measurements obtained using the single-breath helium dilution method with the values obtained using plethysmography in individuals without respiratory disease, in individuals with OVD by COPD and individuals with RVD with different levels of severity. It will thus be possible to determine whether when plethysmography is unavailable the values from the single-breath helium dilution technique are useful to estimate lung volumes

METHODS

Selection of patients and clinical variables

One hundred and forty-two sequential patients who underwent spirometry static lung volume measurements using plethysmography and the helium dilution method, sequentially, were included in a cross-sectional study at the Lung Physiology Laboratory. Patients with obstructive ventilatory disorder (OVD) due to chronic obstructive lung disease (COPD) and restrictive ventilatory disorder (RVD) suggested by spirometry were chosen. The control group comprised of 27 volunteers was recruited from the community to test the normality reference curve used in the laboratory test for functional lung tests according to the following criteria: lack of complaints or respiratory disease, radiograph of the thorax and normal spirometry. Patients were excluded if their spirometry indicated mixed or undetermined ventilatory disorder or OVD due to other causes not including COPD.

Data was collected from each patient with regard to age (years), sex, weight (kg), height (cm), body mass index (Kg.m^{-2}) and history of tobacco use. The body mass index (BMI) was calculated using the ratio between weight and height in square meters (kg/m^2). The tobacco index (TI) was obtained by multiplying the number of cigarettes (20 cigarettes = 1 pack) smoked per day by the number of years the patient has smoked and then expressed in packs-year.

The project was approved by the Institutional Committee on Ethics in Research with regard to ethical and methodological aspects.

Lung Function Tests

All lung functional tests were carried out on the Masterscreen Body Jäeger (Erich Jäeger, Master Lab Pro 4.2, Würzburg, Germany) machine, according to the technical recommendations preconized in the Lung Function Guidelines by the Brazilian Society of Pneumology and Phithisiology¹⁴.

The patients underwent spirometry and plethysmography before and 20 minutes after bronchodilator use (salbutamol spray, 400 mcg). The helium dilution test was then performed through which the residual volume was measured and lung diffusing capacity was determined. The gases and plethysmography cabin were calibrated daily before beginning the tests. The normality standards used for spirometry, lung volumes and lung diffusing capacity were those described by Crapo^{15,16}.

Spirometry data were used to diagnose and stratify patients with OVD. The airflow obstruction diagnosis was made after observing the ratio between forced expiratory volume in one second (FEV_1) and forced vital capacity (FVC) equal to or less than 0.7 after the bronchodilator. The classification of disease severity was done using the FEV_1 value, as

per the ATS classification¹⁰. The OVD was considered mild to moderate when FEV_1 50% of predicted; severe when FEV_1 35-49% of predicted and very severe when $FEV_1 < 35%$ of predicted¹⁰.

The RVD diagnosis was made with an FEV_1/FVC ratio greater than 0.80 after the bronchodilator and a reduction in vital capacity ($CV < 80%$ of predicted) in the spirometry and a reduction in total lung capacity ($TLC < 80%$ of predicted) in the plethysmography. The patients were separated into two groups after data analysis according to lesser or greater degree of restriction (cut-off point between the groups was 72% of predicted TLC).

Data analysis

The statistical analysis was performed in the SAS vs 9.1 statistical package. Study data were expressed in average, standard error (SE) and confidence interval (CI). In order to assess the variables with a single observation (groups according to lung function tests) the One-way ANOVA was used, checking the difference between groups. When variance heterogeneity was verified using the Levene test, a Welch ANOVA was used. The results were then complemented using the Tukey test. In order to verify any possible influence of the gender, age, weight height, BMI and tobacco index (TI) co-variables, the analysis of covariance model was considered. This model included the group effects (fixed factor) as well as the co-variables when they presented significance levels of $p < 0.05$. To assess variables with two observations, one for each lung function method (plethysmography and helium method), an ANOVA was performed using the Mixed Models methodology considering the group effect and the method as fixed and the individuals, in the groups, as random. In order to verify any possible influence of the gender, age, weight height, BMI and tobacco index (TI) co-variables, the analysis of covariance model was considered. This

model included group effects, groups vs. methods interaction methods and individuals (groups), when the co-variables presented significance levels of $p < 0.05$. The complements of significant effects for the type of method and group were performed using the Tukey-Kramer test ($p < 0.05$). The model fitness study was followed by the analysis of residue and verification of normality using the Kolmogorov-Smirnov ($p > 0.01$), Anderson-Darling and Cramer-von Mises ($p > 0.005$) tests. Partial or residual Pearson correlations were obtained in both models, eliminating the factors effect, to verify the association between variables. The Bland and Altman¹⁷ method was used to compare differences in TLC and RV in the three patient groups. The concordance limits were calculated as ± 1.96 SD of the differences. Prediction equations to estimate the difference in TPC and RV of the single breath Helium dilution method in relation to plethysmography were elaborated using multiple linear regression analysis.

RESULTS

One hundred and sixty-nine individuals were studied using spirometry and lung volume measurement by plethysmography and the open-circuit single breath Helium dilution method. Twenty-seven individuals presented normal spirometry, 93 OVD and 9 RVD. Patients with OVD were stratified as mild and moderate ($n=29$), severe ($n=29$) or very severe ($n=35$). Patients with RVD were stratified as less severe ($n=25$) or more severe ($n=24$).

Of the total number of individuals in the study 96 (56.8 %) were male and 73 (43.2%) were female. The percent of women in the group with normal, OVD or RVD rests was

59.3%, 31.2% and 57.1%, respectively. Gender differences in the groups were statistically significant.

The anthropometric data such as how long the individual smoked, tobacco index (TI) and lung function test results, stratified according to the functional diagnosis, are shown in Table 1. Variables such as weight, height and BMI did not show statistically significant differences between the groups. The group of patients with OVD had an average age higher than the other two groups of patients ($p < 0.01$). Positive tobacco history was observed in 120 cases. Of these, eight presented normal spirometry, 90 had OVD and 22 RVD. The tobacco index was significantly higher in OVD patients compared to the other two groups of patients, although no differences were observed in the tobacco index after stratification in subgroups according to obstruction severity ($p > 0.05$).

Mean FEV_1 was 63% of predicted in patients with mild/moderate COPD, 42% of predicted in patients with severe and 28% of predicted in those with very severe COPD. In patients with RVD mean FVC was 62% and 52% of predicted in the two groups of patients with lesser or greater degree of restriction. Mean values of lung diffusing capacity varied from 36% to 56% of predicted in patients with OVD and from 37% to 42% of predicted in patients with RVD.

Figure 1 shows the averages for absolute values and percentages of predicted TLC and RV in individuals with normal spirometry, OVD and RVD. The latter two groups were arranged according to the severity of the ventilatory disorder. In all groups, the TLC and RV values measured by plethysmography were higher than those measured using the helium dilution method ($p < 0.01$), with greater discrepancy in the group of patients with OVD, and a progressive increase in the difference with any worsening in airflow obstruction. This discrepancy between the two methods was also observed when comparing the RV/TLC

ratios obtained from plethysmography and from the single breath Helium dilution method. In normal individuals, they were 35.87% and 29.12%; for the light and moderate OVD group they were 52.5 % and 38.4 %; for the severe OVD group they were 59.7 % and 43.4 %, very severe OVD, 66.3 % and 46.8 %; less severe RVD, 43.6 % and 32.1 % and more severe RVD, 45.1 % and 39.4 %, respectively.

Table 2 shows the differences between plethysmography and the helium dilution method for TLC and RV in absolute values and percentages of the predicted in the studied groups. The difference in TLC in groups of patients with RVD or normal spirometry varied between 0.56 liters and 0.88 liters (10.4 % of the predicted and 15.9 % of the predicted; $p > 0.05$). The RV in the same groups varied between 0.42 liters and 0.75 liters (28.9 % of the predicted and 41.8 % of the predicted; $p > 0.05$). In the group of patients with light/moderate and severe OVD the difference in TLC between the two methods was 1.72 liters and 2.07 liters (31.2 % and 38.2 % of the predicted; $p > 0.05$) and for the RV it was 1.60 liters and 1.95 liters (81.2 % and 98.3 % of predicted; $p > 0.05$). The group with very severe OVD differed from all other analyzed groups showing the biggest differences between the two methods in TLC (3.17 liters; 53.4% of the predicted) and RV (2.95 liters; 148.3% of the predicted).

The correlations between FEV_1 % of predicted and the differences in TLC and RV values measured by the two methods in patients with normal, obstructive or restrictive spirometry are shown in Figure 2 (panels A, B and C, respectively). The best correlations were observed in the group of obstructive patients ($r = -0.47$ for TLC_{P-H} % of predicted and $r = -0.54$ for RV_{P-H} % of predicted). When patients with normal spirometry and patients with OVD were considered in a same group, the correlation between FEV_1 % of predicted

and TLC_{P-H} % of predicted increased to $r = -0.606$ ($p < 0.0001$) and between FEV_1 % of predicted and RV_{P-H} % of predicted to $r = -0.640$ ($p < 0.0001$).

The association between TLC values measured by plethysmography and the Helium dilution method was studied using the Pearson correlation test. When all the individuals were considered in the analysis ($n=169$), a moderate and positive correlation was observed between the TLC and RV values obtained from the two methods ($r=0.71$, $p<0.001$ and $r=0.62$, $p<0.0001$). In the group with normal spirometry and those with RVD, the coefficient of correlation between the same variables was 0.92 and 0.51 ($p<0.001$), respectively, and in those with OVD it was 0.55 and 0.36 ($p<0.001$).

We also use the Bland Altman method to compare TLC and RV values measured by both methods. The data are shown separately by groups according to the functional diagnosis in Figure 3. The group with RVD presented the smallest difference between the methods for TLC as well as RV. The biggest differences were observed in patients with OVD and larger lung volumes.

The linear correlation between the difference in lung volumes measured by both methods and the FVC, FEV_1 and FEV_1/FVC ratio values showed that the larger variation in lung volume measurements was explained by the FEV_1/FVC ($r = -0.75$ ratio; $p<0.001$ for TLC and $r = -0.75$; $p<0.001$ for RV). There was no significant correlation with FVC. In the multivariate linear regression model with the addition of FEV_1 a minimal increase was observed in variability explained the addition of this variable. Consequently, the prediction equations to estimate the difference between the two methods for TLC and RV only considered the FEV_1/FVC ratio. The regression equation to predict the TLC difference was: $Y = 4.489 - 0.043X$, where $Y = TLC_{P-H}$ and $X = FEV_1/FVC$ and the regression equation to predict the difference in RV was: $Y = 4.243 - 0.042X$, where $Y = RV_{P-H}$ and $X = FEV_1/FVC$.

DISCUSSION

We compared the lung volumes determined by plethysmography with those measured by the single breath helium dilution technique in individuals with normal spirometry, and those with OVD by COPD and RVD. Our results demonstrated that: 1) TLC and RV measured by plethysmography were higher than the values determined using the helium dilution method, regardless of the functional lung diagnosis; 2) The difference in TPC values obtained by the two methods is related to the severity of the airflow obstruction and the degree of lung hyperinsufflation measured by plethysmography.

In our study, we observed a difference between the TLC values measured by plethysmography and by the single breath helium dilution method in normal and restrictive individuals up to 0.88 L (10.4 to 16.0% of the projected). An average difference of 0.19 L in 32 normal individuals¹⁸ and a 12% discrepancy between the two techniques in patients without airflow obstruction were described previously¹⁹. Other authors observed a 0.47 L or 7.2% difference between TLC measured by plethysmography and by the multiple breath helium dilution method in normal individuals⁶. On the other hand, the comparison between the two helium dilution methods for measuring TLC in 3673 patients with normal airflow ($FEV_1/FVC > 0.70$) revealed a similarity between the two techniques⁷.

When comparing the plethysmography and the single breath helium dilution method in patients with airflow obstruction, we found a difference of up to 3.17 liters in TLC values, with plethysmography higher than helium in all groups. The difference varied in proportion to the increase in airflow obstruction. A study carried out on 815 men with light airflow obstruction showed a difference of 0.75 liters²⁰. Discrepancies in values measured by plethysmography and by the multiple breath helium dilution technique^{6,21} varying from 0.71 to 1.08 liters, and, between the multiple nitrogen dilution technique compared to the single

breath helium dilution technique of 0.64 liters⁸ were described previously. Furthermore, other studies compared the two helium dilution methods with airflow obstruction and a 2.72 liter variation was observed^{7,22}. However, in the above studies, patients with different diagnoses and various degrees of airflow obstruction were included.

The discrepancy in TLC between plethysmography and the helium dilution method in 27 normal individuals without any lack of ventilation distribution uniformity to justify the difference in volume was surprising. Associated with other differences, this finding reinforces the reduced accuracy of measuring alveolar volume using helium to determine TLC.

TLC and residual volume discrepancies obtained using different methods can be directly related to techniques used to measure them. Plethysmography measures ventilated volume as well as lung areas with air trapping and air in the esophagus. On the other hand, the helium dilution technique only measures ventilated air, which would explain the difference between the values obtained by plethysmography and the multiple or single breath helium dilution technique in obstructive^{5,7}, normal and restrictive individuals^{12,13}. Furthermore, methodological differences between the two helium dilution techniques can explain the variation in lung volume obtained in a same patient. The single breath helium dilution method is a simple and quick technique performed during determination of lung carbon monoxide diffusing, and its main limitation is the potential to underestimate lung volumes since it is performed during a single ventilatory maneuver^{13,19}. On the other hand, using the multiple breath helium dilution method, testing time is greater, thus permitting a more appropriate distribution of inhaled gas creating equilibrium with alveolar air^{7,8}. Additionally, this technique requires less effort on the part of the patient during the lung function test^{7,8,19,22}.

When analyzing the impact of airflow obstruction, quantified by FEV₁ over the difference between TLC and RV obtained by both methods, we observe significant correlations only in the obstructive patient group. The influence of airflow obstruction was probably underestimated and influenced by our patients' profile, the majority of which had moderate to very serious OVD, and only five patients with light disease. Likewise, the comparison between lung volumes obtained by the two techniques after stratifying patients according to the presence or absence of airflow obstruction showed a 0.92 correlation in individuals with normal and standard restrictive spirometry, and 0.55 in patients with obstructive standard. A 0.98 correlation between TLC obtained by the two methods in 32 normal individuals¹⁸ and 0.70 in patients with OVD had been previously reported¹⁸. However, analysis of the volumes obtained by the two techniques using the Bland Altman¹⁷ method in our study showed that despite the strong correlation between the two measurements in individuals with normal spirometry, there was discordance between the two measurement methods in this group of patients. The concordance between the two techniques to determine lung volume was best in the group of restrictive patients, translating into a narrower confidence interval and greater concentration of data around the average. On the other hand, in the group of obstructive patients the discrepancy was more accentuated, especially in patients with large lung volume. The limitations of the linear correlation to assess the performance of the two techniques that measure the same variable were described previously, as were the advantages in using the Bland Altman method in this situation²¹.

In our study, plethysmography was superior to the helium dilution method to demonstrate the presence of air trapping analyzed using the RV/TLC ratio in the different

groups with OVD. Likewise, plethysmography was superior to the multiple breath helium dilution method in individuals with asbestosis¹³.

The linear regression equations that permit estimating TLC and RV values corresponding to the plethysmography method from values obtained using the single breath helium dilution technique corrected for the degree of airflow obstruction are an important contribution of our study. These equations can be used in situations and locations where only spirometry and lung diffusing are available. A similar equation for TLC corrected for the degree of airflow obstruction was described previously, however, the gold standard used in the study was the multiple breath helium dilution technique and not plethysmography⁷.

In conclusion, our study demonstrates that the plethysmography method presents superior values for TLC and RV compared to the single breath helium dilution method in normal patients and in patients with restrictive and obstructive lung disease. The biggest discrepancies between the two methods to determine lung volume were observed in the group of patients with OVD by COPD, and the size of the difference is directly associated to airflow obstruction. The linear regression equations described in this study permit the TLC and RV values obtained using the single breath helium dilution technique to be adjusted for airflow, predicting the lung volume values that would be obtained by plethysmography. Thus, the relatively simple, quicker and more available single breath helium dilution technique used in the context of determining lung diffusing capacity has its potential for use expanded and its accuracy increased.

Figure Legends

Figure 1: Comparison of the TLC and RV variables, absolute values and percentages of the projected measured using plethysmography and the helium dilution method in the different groups of patients, stratified according to functional lung diagnosis. In all groups, plethysmography was superior to the helium method ($p < 0.01$). Capital letters represent comparisons between plethysmography values and small letters between helium method values. Equal letters represent the absence of statistically significant differences. ANOVA with two factors (groups), $p < 0.05$. OVD: obstructive ventilatory disorder: moderate.

Figure 2: Correlations between the differences measured using plethysmography and the single breath Helium dilution method of total lung capacity variables (TLC; left column) and residual volume (RV; right column) and the percentage of the projected for one second forced expiratory volume ($FEV_{1\%}$) in groups of individuals with normal spirometry (A), obstructive standard (B) and restrictive standard (C) (Pearson residual correlation).

Figure 3: Comparison between total lung capacity values (TLC; left column) and residual volume (RV; right column) measured by plethysmography and by the single breath helium dilution method. The continuous line indicates average values and dotted lines indicate standard deviation (1.96 SD). Letter A: individuals with normal spirometry; letter B: individuals with OVD; and letter C: individuals with RVD (Bland Altman method).

TABLE 1 – Anthropometric characteristics, tobacco use history and functional parameters of 169 individuals stratified according to the functional lung diagnosis.

	SPIROMETRY		OVD		RVD	
	normal n= 27	light/mod n= 29	severe n= 29	very severe n= 35	less severe n= 25	more severe n= 24
Age, years	46.40 ± 2.50 ^b	64.90 ± 2.41 ^a	70.10 ± 2.41 ^a	65.80 ± 2.20 ^a	47.30 ± 2.60 ^b	54.42 ± 2.65 ^b
Weight, kg	66.60 ± 2.62 ^a	71.20 ± 2.53 ^a	68.40 ± 2.53 ^a	66.60 ± 2.30 ^a	70.50 ± 2.73 ^a	66.53 ± 2.78 ^a
Height, cm	161.00 ± 0.02 ^a	161.00 ± 0.02 ^a	163.00 ± 0.02 ^a	166.00 ± 0.02 ^a	1.62 ± 0.02 ^a	1.63 ± 0.02 ^a
BMI kg/m ²	25.50 ± 0.89 ^a	27.30 ± 0.86 ^a	25.70 ± 0.86 ^a	24.20 ± 0.78 ^a	27.10 ± 0.92 ^a	25.08 ± 0.94 ^a
Time smoking (years)	5.89 ± 2.46 ^b	41.86 ± 2.42 ^a	44.86 ± 2.37 ^a	36.40 ± 2.16 ^a	10.60 ± 2.56 ^b	12.17 ± 2.61 ^b
TI (packs-year)	5.40 ± 6.41 ^b	62.20 ± 6.29 ^a	59.00 ± 6.29 ^a	54.70 ± 5.63 ^a	12.30 ± 6.66 ^b	20.98 ± 6.80 ^b
Spirometry:						
FVC (L)	3.55 ± 0.13 ^a	2.82 ± 0.13 ^b	2.30 ± 0.13 ^c	2.27 ± 0.12 ^c	2.20 ± 0.14 ^{cd}	1.89 ± 0.14 ^d
FVC % predicted	98.31 ± 2.14 ^a	84.86 ± 2.06 ^b	67.70 ± 2.06 ^c	60.23 ± 1.88 ^c	62.07 ± 2.22 ^c	51.91 ± 2.27 ^d
FEV ₁ (L)	3.06 ± 0.10 ^a	1.66 ± 0.09 ^b	1.14 ± 0.09 ^c	0.82 ± 0.09 ^d	1.96 ± 0.10 ^b	1.70 ± 0.10 ^b
FEV ₁ % predicted	100.99 ± 1.71 ^a	63.20 ± 1.65 ^{bc}	42.40 ± 1.65 ^d	27.60 ± 1.50 ^e	67.34 ± 1.77 ^b	58.07 ± 1.81 ^c
FEV ₁ /FVC	85.35 ± 1.27 ^a	58.80 ± 1.23 ^b	49.85 ± 1.23 ^c	36.90 ± 1.12 ^d	89.61 ± 1.32 ^a	89.73 ± 1.35 ^a
Diffusing:						
D _{CO} (ml/min/mmHg)	23.67 ± 0.91 ^a	13.04 ± 0.88 ^b	10.39 ± 0.88 ^c	8.85 ± 0.80 ^d	11.03 ± 0.94 ^{cd}	9.71 ± 0.96 ^{cd}
D _{CO} % predicted	86.42 ± 2.97 ^a	56.41 ± 2.87 ^b	46.27 ± 2.87 ^{bc}	36.25 ± 2.61 ^d	41.51 ± 3.09 ^{cd}	37.05 ± 3.15 ^{cd}
D _{CO} /VA	4.98 ± 0.18 ^a	2.85 ± 0.18 ^b	2.48 ± 0.18 ^{bc}	2.10 ± 0.16 ^c	3.68 ± 0.189 ^b	3.23 ± 0.19 ^b
D _{CO} /VA% predicted	94.04 ± 4.25 ^a	66.27 ± 4.10 ^b	63.91 ± 4.10 ^{bc}	51.61 ± 3.79 ^c	71.66 ± 4.42 ^b	69.42 ± 1.51 ^b

OVD: obstructive ventilatory disorder; RVD: restrictive ventilatory disorder; BMI: body mass index; TI: tobacco index; FEV₁: one-second forced expiratory volume; FVC: forced vital capacity; DCO_c: carbon monoxide diffusing; DCO_c/VA: carbon monoxide diffusing over alveolar volume; mod: moderate. Equal letters mean the absence of any statistically significant difference; different letters indicate significant differences between the groups. Data written in average and standard deviation of variables. The data are presented as average and standard deviation. One-way ANOVA with a factor (groups), p<0.05.

Table 2: Difference between plethysmography and the helium dilution method for TLC and RV variables in 169 individuals stratified according to functional lung diagnosis.

	Normal (n= 27)	OVD light/mod (n= 29)	OVD severe (n= 29)	OVD very severe (n= 35)	RVD less severe (n= 25)	RVD more severe (n= 24)
TLC _{P-H} (L)	0.77 ^a	1.72 ^b	2.07 ^b	3.17 ^c	0.88 ^a	0.56 ^a
CI 95%	(0.53;1.00)	(1.45; 1.99)	(1.65; 2.50)	(2.71; 3.63)	(0.74; 1.02)	(0.33; 0.79)
TLC _{P-H} %proj	14.30 ^{ab}	31.21 ^{bc}	38.23 ^c	53.35 ^d	15.96 ^{ab}	10.44 ^a
CI 95%	(9.20; 19.39)	(25.90; 36.52)	(30.11; 46.36)	(46.13; 60.58)	(13.68; 18.24)	(6.44; 14.44)
RV _{P-H} (L)	0.63 ^a	1.60 ^b	1.95 ^b	2.95 ^c	0.75 ^a	0.42 ^a
CI 95%	(0.40; 0.85)	(1.35; 1.85)	(1.55; 2.34)	(2.50; 3.39)	(0.61; 0.88)	(0.23; 0.61)
RV _{P-H} %proj	37.84 ^a	81.16 ^b	98.32 ^b	148.25 ^c	41.80 ^a	28.93 ^a
CI 95%	(23.43; 52.25)	(67.93; 94.40)	(80.48; 116.16)	(127.83; 168.66)	(30.98; 52.62)	(18.48; 39.38)

: delta, difference between the methods; TLC: total lung capacity; P -H: plethysmography minus the helium dilution method; TLC_{P-H} difference between TLC from plethysmography and helium; CI: confidence interval; RV: residual volume; light: light; mod: moderate. The data are shown in delta and confidence interval. One-way ANOVA with a factor (groups), p<0.05.

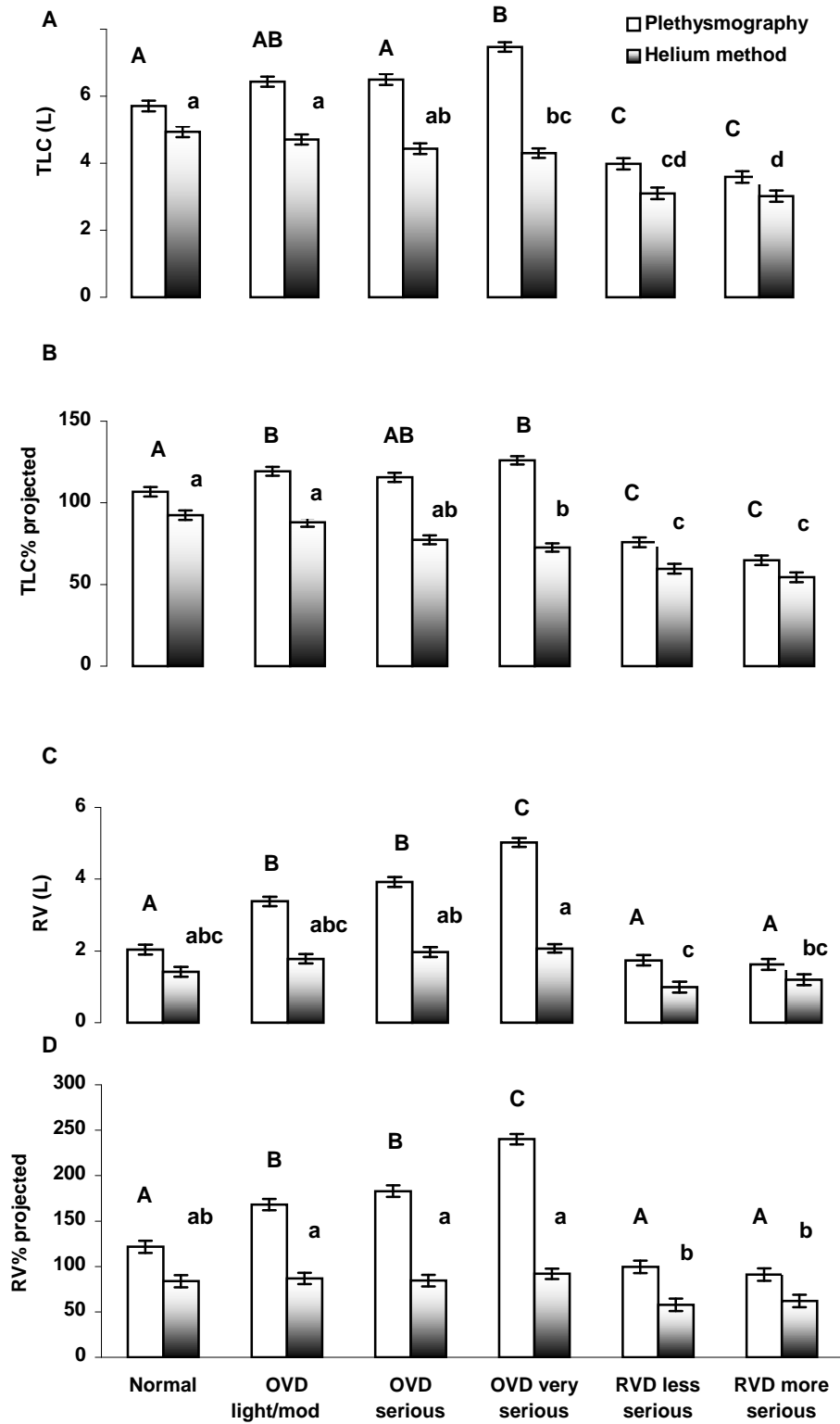


Figure 1

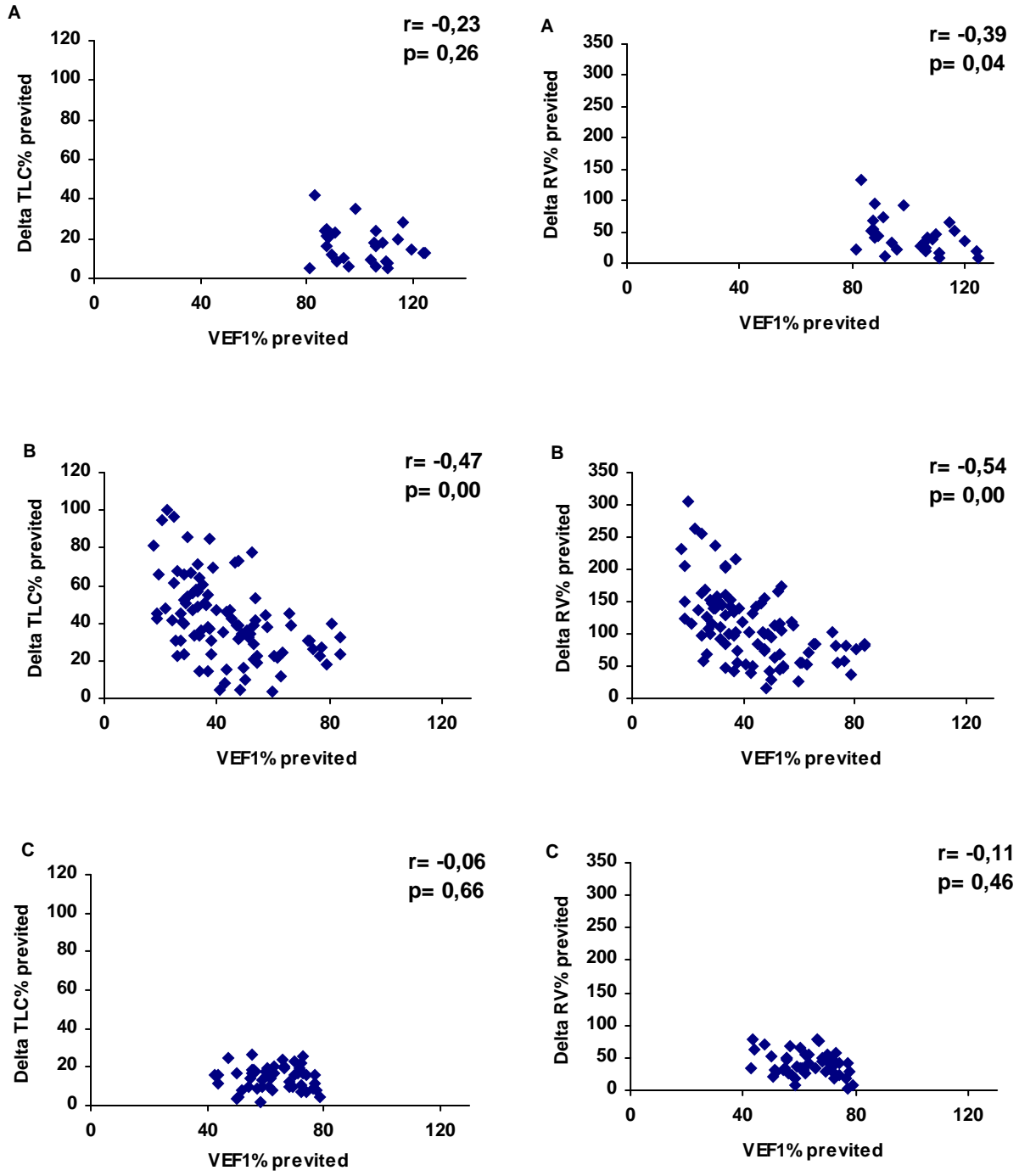


Figure 2

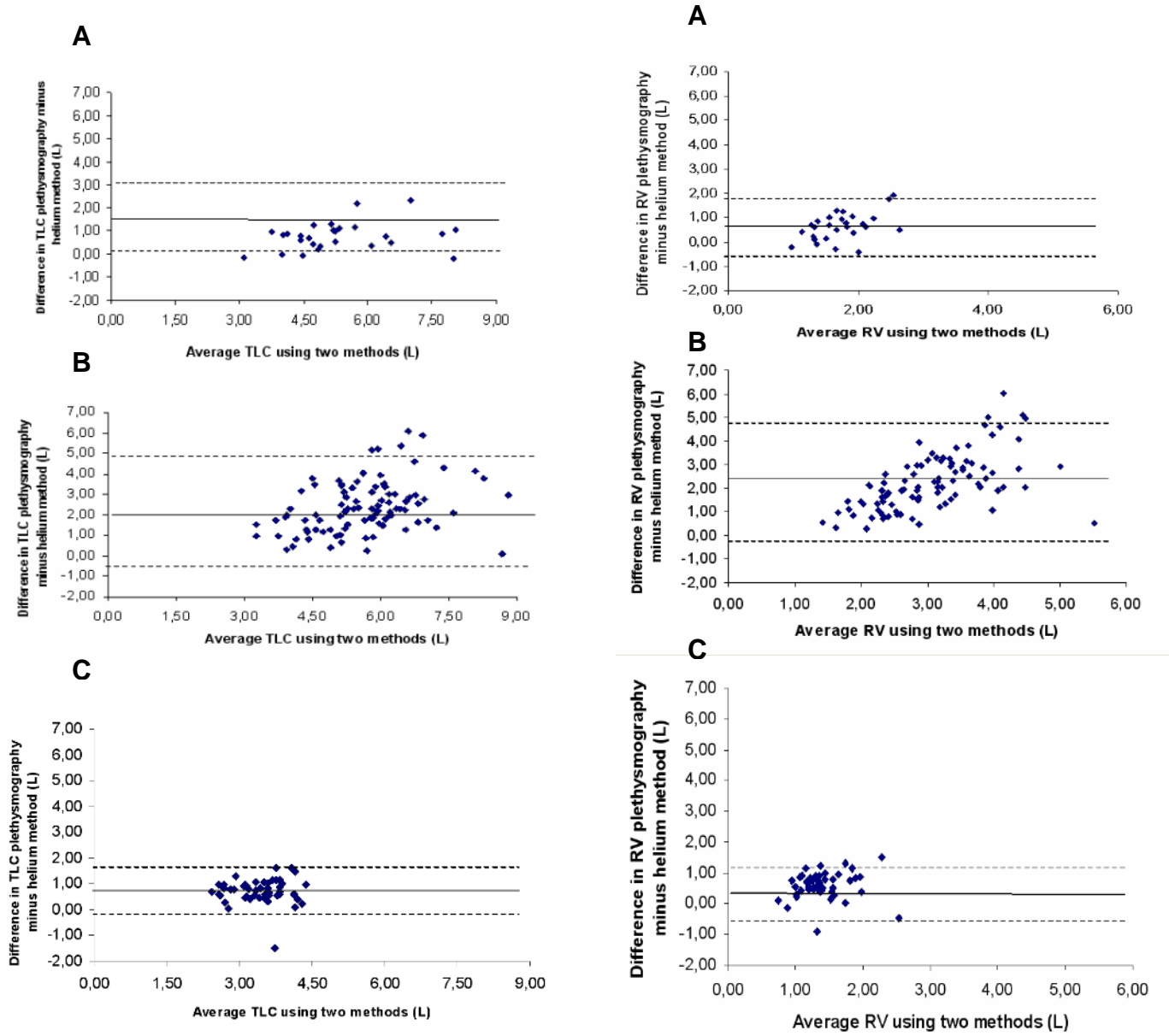


Figure 3

BIBLIOGRAPHY

1) Wanger JL, Clausen A, Coates OF, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J* 2005; 26: 511-522.

2) Neder JA, Andreoni S, Castelo Filho A et al. Reference values for lung function tests. I. Static volumes. *Braz J Med Biol Res* 1999; 32: 703-717.

3) Dias RM, Chauvet PR, Siqueira HR et al. Noções básicas para o entendimento dos testes de função respiratória. *Testes de função respiratória: do laboratório à aplicação clínica com 100 exercícios para diagnóstico*. São Paulo. Atheneu. 2000; 1-4.

4) Torpy JM, Lynn C, Glass RM. Preparing for surgery: evaluation of lung function. *Jama* 2007; 297: 19.

5) Dykstra BJ, Scanlon PD, Kester MM, Beck KC, Enright PL. Lung volumes in 4,774 patients with obstructive lung disease. *Chest* 1999, 115: 68-74.

6) Cliff IJ., Evans AH, Pantin CFA, Baldwin DR. Comparison of two new methods for the measurement of lung volumes with two standard methods. *Thórax* 1999; 54: 329-333.

7) Punjabi NM, Shade D, Wise RA. Correction of single-breath helium lung volumes in patients with airflow obstruction. *Chest* 1998; 114: 907-918.

8) Brugman TM, Morris JF, Temple WP. Comparison of lung volume measurement by single breath helium and multiple breath nitrogen equilibration methods in normal subjects and COPD patients. *Respiration* 1986; 49: 52-60.

9) Pesola GR, Magari RT, Dartey-Hayford S, Coelho-D'Costa V, Chinchilli VM. Total lung capacity: single breath methane dilution versus plethysmography in normals. *Respirology* 2007; 12: 291-294.

- 10) Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur respir J* 2005; 26: 948 -968.
- 11) Pappas GP, Brodtkin CA, Sheppard L, Balmes J, Horike M, Barnhart S. The validity of radiographic estimation of total lung capacity in patients with respiratory disease. *Chest* 1998; 114: 513-520.
- 12) Garcia-Rio F, Pino-Garcia JM, Serrano S, Racionero MA, Terreros-Caro JG, Alvarez-Saia R, Villasante C, Villamor J. Comparison of helium dilution and plethysmographic lung volumes in pregnant women. *Eur. Resp. J.* 1997; 10: 2371 -2375.
- 13) Kilburn K.H, Miller A., Warshaw R.H. Measuring lung volumes in advanced asbestosis: comparability of plethysmographic and radiographic versus helium rebreathing and single breath methods. *Respiratory Medicine* 1993; 87: 115 -120.
- 14) Menna Barreto SS, Cavalazzi AC. Determinação dos volumes pulmonares: métodos de mensuração dos volumes pulmonares. In: *Diretrizes para testes de função pulmonar.* *J Pneumol* 2002; 28(3): 95-100.
- 15) Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123:659-664.
- 16) Crapo RO, Morris AH. Standardized single breath normal values for carbon monoxide diffusing capacity. *Am Rev Respir Dis* 1981;123:185 -189.
- 17) Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; i:307 – 310.
- 18) Mitchell MM, Renzetti, AD. Evaluation of a single-breath method of measuring total lung capacity. *Am Rev Respir Dis* 1968; 97: 571 -580.

19) Van der Lee I, Van Es HW, Noordmans HJ, Van den Bosch JMM, Zanen P. Alveolar volume determined by single-breath helium dilution correlates with the high-resolution computed tomography-derived nonemphysematous lung volume. *Respiration* 2005; 461: 1-6.

20) Schünemann HJ, Dmochowski J, Campbell LA, Grant BJ.B. A novel approach for quality control of total lung capacity in the clinical lung function laboratory: a study in a veteran population. *Respirology* 2003; 8: 365 -370.

21) Spence DPS, Kelly YJ, Ahmed J, Calverley PMA, Pearson MG. Critical evaluation of computerised x ray planimetry for the measurement of lung volumes. *Thorax* 1995; 50: 383-386.

22) Roberts CM, MacRae KD, Seed WA. Multi-breath and single breath helium dilution lung volumes as a test of airway obstruction. *Eur Respir J* 1990; 3: 515-520.

DETERMINAÇÃO DOS VOLUMES PULMONARES ESTÁTICOS: COMPARAÇÃO ENTRE PLETISMOGRAFIA CORPORAL E MÉTODO DE DILUIÇÃO DO HÉLIO EM INDIVÍDUOS PORTADORES DE DISTÚRBO VENTILATÓRIO OBSTRUTIVO, RESTRITIVO E INDIVÍDUOS COM ESPIROMETRIA NORMAL

Patrícia Chaves Coertjens¹; Marli Maria Knorst²; Sérgio Saldanha Menna Barreto³

Resumo

Objetivo: Determinar se a capacidade pulmonar total (CPT) e o volume residual (VR) mensurados pelo método de diluição do He por respiração única (CPT_{He} e VR_{He}) podem ser utilizados em substituição aos valores obtidos por pletismografia (CPT_P e VR_P) em indivíduos sem e com obstrução ao fluxo aéreo.

Métodos: Estudo transversal retrospectivo. Foram estudados 169 indivíduos que realizaram espirometria e determinação de volumes pulmonares pela pletismografia e pelo método de diluição do He, sendo 27 indivíduos com espirometria normal, 93 portadores de distúrbio ventilatório obstrutivo (DVO) e 49 indivíduos portadores de distúrbio ventilatório restritivo (DVR).

Resultados: O coeficiente de correlação nos 169 pacientes entre os valores obtidos pelos dois métodos foi de 0,71 para a CPT ($p < 0,001$) e de 0,62 para o VR ($p < 0,001$). Para prever a CPT_P e o VR_P a partir da CPT_{He} e o VR_{He} foi utilizada uma equação de regressão para corrigir os valores de acordo com o grau de obstrução ao fluxo aéreo. A equação de regressão para prever a diferença da CPT entre os dois métodos foi: $Y = 4,489 - 0,043X$, onde $Y = CPT_{P-H}$ e $X = VEF_1/CVF$ e para prever a diferença do VR foi: $Y = 4,243 - 0,042X$, onde $Y = VR_{P-H}$ e $X = VEF_1/CVF$.

Conclusões: A correção dos valores da CPT_{He} e do VR_{He} para a gravidade da obstrução ao fluxo aéreo pode melhorar a acurácia de uma técnica relativamente rápida, mais simples e mais disponível.

Palavras chave: Pletismografia; método de diluição do hélio; distúrbio ventilatório obstrutivo; distúrbio ventilatório restritivo.

1 Mestranda em Ciências Médicas –UFRGS

2 Pneumologista do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA)

3 Pneumologista do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, chefe do serviço de Pneumologia do HCPA

Endereço para correspondência: Ramiro Barcelos 2350 sala 2050 – HCPA. Sérgio Saldanha Menna Barreto, e-mail: smenna@hcpa.ufrgs.br

Local de realização: HCPA. Fonte de financiamento: FIPE.

INTRODUÇÃO

A mensuração dos volumes pulmonares estáticos faz parte da avaliação funcional pulmonar e geralmente é realizada após a espirometria. Uma vez que o comportamento mecânico do pulmão depende de suas propriedades elásticas e de seu volume, a determinação dos volumes pulmonares fornece informações importantes sobre as repercussões fisiopatológicas de processos ventilatórios.

As provas de função pulmonar, além de determinar a presença ou ausência de alterações fisiológicas, verificam e graduam a repercussão funcional das doenças pulmonares^{1,2}, contribuem para o entendimento da origem da dispnéia¹ e da intolerância ao exercício³, assim como são úteis para avaliar risco cirúrgico no pré-operatório^{2,4}.

Entre as provas funcionais realizadas na rotina estão a espirometria, a capacidade de difusão do monóxido de carbono (D_{CO}), os volumes pulmonares estáticos e a gasometria arterial. Os volumes pulmonares estáticos, representados pela capacidade pulmonar total (CPT), capacidade residual funcional (CRF) e pelo volume residual (VR),

servem para diagnosticar hiperinsuflação e alçaponamento aéreo, assim como restrição pulmonar⁵.

Os volumes pulmonares podem ser determinados pela pletismografia, pela técnica de diluição de gases inertes (principalmente o hélio), assim como por métodos de imagem^{1,6,7,8}. A pletismografia corporal mede o volume de gases intratorácicos, baseado na lei de Boyle e é considerada padrão-ouro para quantificação de volumes pulmonares^{9,10}. O método de diluição do hélio por respirações múltiplas, usando um sistema fechado, é um método aceito e amplamente utilizado para mensurar os volumes pulmonares na rotina assistencial⁷. Este método fornece valores de volumes pulmonares comparáveis aos medidos pela pletismografia¹¹

O método de diluição do hélio (He) por respiração única, em sistema aberto, é utilizado para estimar o volume alveolar durante a determinação da capacidade de difusão pulmonar pelo monóxido de carbono. Entretanto, por estar na dependência do ar que é mobilizado durante uma única manobra ventilatória, esta técnica pode subestimar os valores dos volumes pulmonares em comparação com a pletismografia em pacientes com acentuada desuniformidade de distribuição da ventilação^{12,13}. A comparação entre as duas técnicas usadas para quantificar os volumes pulmonares através do método de diluição do hélio – por respiração única ou respirações múltiplas – demonstrou ausência de diferenças significativas entre as mesmas em indivíduos sem obstrução ao fluxo aéreo^{6,7}; entretanto, nos pacientes com distúrbio ventilatório obstrutivo foram observadas discrepâncias entre as duas medidas de até 34% nos pacientes com maior grau de obstrução⁷. O valor da técnica da respiração única pelo hélio para mensuração dos volumes pulmonares não está bem estabelecido, uma vez que os estudos prévios são contraditórios e a estratificação do distúrbio funcional de acordo com a gravidade nem sempre foi considerada.

Por outro lado, a técnica de diluição do hélio por respiração única é mais disponível e apresenta custos mais acessíveis e equipamentos menos complexos em comparação ao pletismógrafo corporal e tem a vantagem operacional de estar acoplada a determinação da capacidade da difusão pulmonar pelo monóxido de carbono (D_{CO}). Considerando os aspectos acima, o objetivo de nosso estudo é comparar a medida dos volumes pulmonares obtida através do método de diluição do hélio em respiração única com os valores mensurados através de pletismografia em indivíduos sem doenças respiratórias, em portadores de distúrbio ventilatório obstrutivo (DVO) por doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e em portadores de distúrbio ventilatório restritivo (DVR) com diferentes níveis de gravidade. Deste modo será possível determinar se, na indisponibilidade da pletismografia, os valores resultantes do uso da técnica da diluição do He por respiração única são úteis para estimar os volumes pulmonares.

MÉTODOS

Seleção dos pacientes e variáveis clínicas

Foram incluídos em estudo transversal retrospectivo 142 pacientes seqüenciais que realizaram espirometria, medidas de volumes pulmonares estáticos pela pletismografia e pelo método de diluição do hélio, sequencialmente, no Laboratório de Fisiologia Pulmonar. Foram selecionados pacientes com DPOC e com espirometria sugestiva de DVR. O grupo controle, constituído por 27 voluntários foi recrutado da comunidade, para testar a curva de referência da normalidade utilizada no laboratório para testes funcionais pulmonares, de acordo com os seguintes critérios: ausência de queixas ou doenças respiratórias, radiografia de tórax e espirometria normais. Foram excluídos pacientes cuja espirometria

apresentasse distúrbio ventilatório misto ou indeterminado ou DVO por outras causas, que não DPOC.

De cada paciente foram coletados dados referentes à idade (anos), sexo, peso (kg), estatura (cm), índice de massa corporal (Kg.m^{-2}) e história tabágica. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado através da razão entre peso e estatura em metros ao quadrado (kg/m^2). O índice tabágico (IT) foi obtido multiplicando -se o número de cigarros (20 cigarros = 1 maço) fumados por dia pelo número de anos que o paciente fumou e foi expresso em maços-ano.

O projeto foi aprovado pelo Comitê Institucional de Ética em Pesquisa quanto aos seus aspectos éticos e metodológicos.

Testes de Função Pulmonar

Todos os exames funcionais pulmonares foram realizados no equipamento da Masterscreen Body da Jäeger (Erich Jäeger, Master Lab Pro 4.2, Würzburg, Germany) de acordo com as recomendações técnicas preconizadas nas Diretrizes de Função Pulmonar da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia¹⁴.

Os pacientes realizaram espirometria e pletismografia antes e 20 minutos após o uso de broncodilatador (salbutamol spray, 400 mcg). Na seqüência foi realizado o teste de diluição do He, através do qual foi medido o VR e determinada a D_{CO} . A calibração dos gases e da cabine pletismográfica foi realizada diariamente, antes do início dos exames. Os padrões de normalidade utilizados para a espirometria, para os volumes pulmonares e para a capacidade de difusão pulmonar foram os descritos por Crapo^{15,16}.

Os dados da espirometria foram utilizados para diagnosticar e estratificar os pacientes portadores de DVO. O diagnóstico de obstrução ao fluxo aéreo foi realizado pela

observação da relação entre volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) e capacidade vital forçada (CVF) após broncodilatador igual ou menor que 0,7. A classificação da gravidade da doença foi realizada pelo valor do VEF_1 , conforme a classificação da ATS¹⁰. Foi considerado DVO leve a moderado $VEF_1 \geq 50\%$ do previsto; grave $VEF_1 35-49\%$ do previsto e muito grave $VEF_1 < 35\%$ do previsto¹⁰. Os pacientes com DVO leve e moderado foram agrupados num mesmo grupo uma vez que o número de pacientes com DVO leve era de cinco indivíduos.

O diagnóstico de DVR foi realizado na presença de relação VEF_1/CVF após broncodilatador maior que 0,80 e de redução da capacidade vital ($CV < 80\%$ do previsto) na espirometria e redução da capacidade pulmonar total ($CPT < 80\%$ do previsto) na pletismografia. Para análise dos dados os pacientes foram separados em dois grupos de acordo com a gravidade da restrição (CPT maior que 72% do previsto - restrição menos grave; CPT menor que 72% do previsto – restrição mais grave).

Análise dos dados

A análise estatística foi realizada no pacote estatístico SAS vs 9.1. Os dados deste estudo foram expressos em média, erro padrão (ep) e intervalo de confiança (IC). Para a avaliação das variáveis com uma única observação (grupos de acordo com os testes de função pulmonar), procedeu-se à análise de variância em classificação simples (One-way ANOVA) verificando-se a diferença entre grupos. Quando verificada heterogeneidade de variâncias pelo teste de Levene procedeu-se a ANOVA de Welch. Procedeu-se a complementação de resultados pelo teste de Tukey. Para verificar possível influência das covariáveis sexo, idade, peso, estatura, IMC e índice tabágico (IT) considerou-se o modelo

de análise de covariância incluindo no modelo, além dos efeitos dos grupos (fator fixo), as covariáveis quando apresentavam significância ($p < 0,05$). Para a avaliação das variáveis com duas observações, uma para cada tipo de método de função pulmonar (pletismografia e método do hélio), procedeu-se uma ANOVA através da metodologia de Modelos Mistos, considerando o efeito de grupo e tipo de método como fixos e de sujeitos, dentro de grupos, como aleatório. Para verificar possível influência das covariáveis sexo, idade, peso, estatura, IMC e índice tabágico (IT) considerou-se o modelo de análise de covariância incluindo no modelo, além dos efeitos de grupos, métodos da interação grupos v.s. métodos e de sujeitos (grupos), as covariáveis quando apresentavam significância ($p < 0,05$). As complementações de efeitos significativos para tipo de método e grupo foram realizadas utilizando-se o teste de Tukey-Kramer ($p < 0,05$). O estudo de adequação do modelo foi procedido através da análise dos resíduos e da verificação de normalidade através dos testes de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,01$), Anderson-Darling e Cramer-von Mises ($p > 0,005$). Em ambos os modelos foram obtidas correlações parciais ou residuais de Pearson, eliminando-se o efeito dos fatores, para verificar a associação entre as variáveis. O método de Bland e Altman¹⁷ foi utilizado para comparar diferenças na CPT e no VR nos três grupos de pacientes. Os limites de concordância foram calculados como $\pm 1,96$ DP das diferenças. Equações de predição para estimar a diferença na CPT e no VR do método de diluição do He por respiração única em relação à pletismografia foram elaboradas através da análise de regressão linear múltipla.

RESULTADOS

Foram estudados 169 indivíduos através de espirometria e mensuração de volumes pulmonares por pletismografia e pelo método de diluição do hélio (He) por respiração única em sistema aberto. Vinte e sete indivíduos apresentavam espirometria normal, 93 DVO e 49 DVR. Os pacientes portadores de DVO foram estratificados em portadores de doença leve a moderada (n=29), grave (n=29) ou muito grave (n=35). Os pacientes com DVR foram estratificados em distúrbio menos grave (n=25) ou mais grave (n=24).

Do total de indivíduos incluídos no estudo 96 (56,8 %) eram do sexo masculino e 73 (43,2%) do sexo feminino. O percentual de mulheres no grupo com exames normais, DVO ou DVR foi de 59,3%, 31,2% e 57,1%, respectivamente. As diferenças em relação ao sexo nos grupos foram estatisticamente significativas.

Os dados antropométricos, tempo de fumo, índice tabágico (IT) e resultados dos testes de função pulmonar, estratificados de acordo com o diagnóstico funcional, são mostrados na tabela 1. As variáveis como peso, estatura e IMC não apresentaram diferenças estatísticas significantes entre os grupos. O grupo de pacientes portadores de DVO apresentou média de idade superior à dos outros dois grupos de pacientes ($p < 0,01$). História tabágica positiva foi observada em 120 casos. Destes, oito indivíduos apresentavam espirometria normal, 90 eram portadores de DVO e 22 apresentavam DVR. O índice tabágico foi significativamente mais alto nos portadores de DVO, em comparação com os outros dois grupos de pacientes, embora, não tenha sido observado diferenças no índice tabágico após estratificação em subgrupos pela gravidade da obstrução ($p > 0,05$).

O VEF_1 médio foi de 63% do previsto no grupo com DVO leve/moderado, 42% do previsto no grupo com DVO grave e 28% do previsto no grupo com DVO muito grave. Nos

indivíduos com DVR o percentual da CVF foi de 62% do previsto no grupo com restrição menos grave e de 52% do previsto no grupo com restrição mais grave.

Os valores médios da D_{CO} variaram de 36% a 56% do previsto nos pacientes com DVO e foram de 37 e 42% do previsto nos dois grupos com DVR .

Na figura 1 são mostradas as médias dos valores absolutos e percentuais do previsto da CPT e do VR no grupo de indivíduos com espirometria normal, com DVO e com DVR, estes dois últimos grupos estratificados pela gravidade do distúrbio ventilatório. Em todos os grupos os valores da CPT e do VR mensurados pela pletismografia foram superiores aos medidos pelo método de diluição do hélio ($p < 0,01$), sendo a discrepância maior no grupo de pacientes com DVO, com aumento progressivo da diferença à medida que houve piora da obstrução ao fluxo aéreo. A discrepância entre os dois métodos também foi observada quando comparadas as relações VR/CPT obtidas pela pletismografia e pelo método de diluição do He por respiração única. Em indivíduos normais foram de 35,87% e 29,12%; para o grupo com DVO leve e moderado foram de 52,5 % e 38,4 %; para o grupo com DVO grave foram de 59,7 % e 43,4 %, DVO muito grave de 66,3 % e 46,8 %; DVR menos grave foram de 43,6 % e 32,1 % e para DVR mais grave 45,1 % e 39,4 %, respectivamente.

Na tabela 2 são mostradas as diferenças entre a pletismografia e o método de diluição do hélio para a CPT e o VR em valores absolutos e percentuais do previsto nos grupos estudados. A diferença na CPT nos grupos de pacientes com DVR ou espirometria normal variou entre 0,56 litros e 0,88 litros (10,4 % do previsto e 15,9 % do previsto; $p > 0,05$). O VR nos mesmos grupos variou de 0,42 litros a 0,75 litros (28,9 % do previsto e 41,8 % do previsto; $p > 0,05$). No grupo de pacientes com DVO leve/moderado e grav e a diferença na CPT entre os dois métodos foi de 1,72 litros e 2,07 litros (31,2 % do previsto e

38,2 % do previsto; $p > 0,05$) e do VR foi de 1,60 litros e 1,95 litros (81,2 % do previsto e 98,3 % do previsto; $p > 0,05$). O grupo portador de DVO muito grav e diferiu de todos os outros grupos analisados apresentando as maiores diferenças entre os dois métodos tanto na CPT (3,17 litros; 53,4% do previsto), quanto no VR (2,95 litros; 148,3% do previsto).

As correlações entre o VEF_1 % do previsto e as diferenças nos valores da CPT e VR medidos pelos dois métodos nos pacientes com espirometria normal, obstrutiva ou restritiva são mostrados na figura 2 (painéis A, B e C, respectivamente). As melhores correlações foram observados no grupo de pacientes obstrutivos ($r = -0,47$ para o $CPT_{P-H}\%prev$ e $r = -0,54$ para o $VR_{P-H}\%prev$). Quando considerados os pacientes com espirometria normal e pacientes com DVO num mesmo grupo a correlação entre VEF_1 % do previsto e $CPT_{P-H}\%prev$ aumentou para $r = -0,606$ ($p < 0,0001$) e entre VEF_1 % do previsto e $VR_{P-H}\%prev$ foi de $r = -0,640$ ($p < 0,0001$).

A associação entre os valores da CPT mensurados pela pletismografia e pelo método de diluição do He foi estudada através do teste de correlação de Pearson. Quando considerados todos os indivíduos na análise ($n=169$), foi observada uma correlação moderada e positiva entre os valores de CPT ($r=0,71$, $p<0,001$) e VR ($r=0,62$, $p<0,0001$) obtidos pelos dois métodos. No grupo com espirometria normal e portadores de DVR o coeficiente de correlação entre os valores de CPT e VR mensurados pelas duas técnicas foram respectivamente de 0,92 e 0,51 ($p<0,001$) e nos portadores de DVO de 0,55 e 0,36 ($p<0,001$).

Adicionalmente, utilizamos o método de Bland Altman para comparar os valores da CPT e do VR mensurados através dos dois métodos. Os dados são mostrados separadamente por grupos, de acordo com o diagnóstico funcional na figura 3. O grupo de portadores de DVR apresentou a menor diferença entre os métodos, tanto para a CPT

quanto para o VR; as maiores diferenças foram observadas nos pacientes com DVO e volumes pulmonares maiores.

A correlação linear entre a diferença dos volumes pulmonares mensurados pelos dois métodos e os valores da CVF, do VEF₁ e da relação VEF₁/CVF mostrou que a maior variação na medida dos volumes pulmonares era explicada pela relação VEF₁/CVF (r = -0,75; p<0,001 para a CPT e r = -0,75; p<0,001 para o VR); não houve correlação significativa com a CVF. No modelo multivariado de regressão linear com adição do VEF₁ foi observado aumento mínimo na variabilidade explicada pelo acréscimo desta variável. Conseqüentemente, as equações de predição para estimar a diferença entre os dois métodos tanto para a CPT como para o VR consideraram apenas a relação VEF₁/CVF. A equação de regressão para predizer a diferença da CPT foi: $Y = 4,489 - 0,043X$, onde Y = CPT_{P-H} e X = VEF₁/CVF; a equação de regressão para predizer a diferença do VR foi: $Y = 4,243 - 0,042X$, onde Y = VR_{P-H} e X = VEF₁/CVF.

DISCUSSÃO

Comparamos os volumes pulmonares determinados pela pletismografia com os mensurados pela técnica de diluição do He em respiração única, em indivíduos com espirometria normal, em portadores de DVO por DPOC e de DVR. Nossos resultados demonstraram que: 1) Os valores da CPT e do VR mensurados pela pletismografia foram maiores que os valores determinados pelo método de diluição do He, independente do diagnóstico funcional pulmonar; 2) A magnitude da diferença dos valores de CPT obtidos pelos dois métodos está relacionada à gravidade da obstrução ao fluxo aéreo e ao grau de hiperinsuflação pulmonar medido pela pletismografia; 3) as equações de regressão linear

utilizadas permitem que os valores obtidos pelo método de diluição do hélio possam prever os valores mensurados pela pletismografia.

No nosso estudo foi observada uma diferença entre os valores de CPT mensurados pela pletismografia e pelo método de diluição do He por respiração única nos indivíduos normais e restritivos de até 0,88 L (10,4 a 16,0% do previsto). Uma diferença média de 0,19 L, em 32 indivíduos normais¹⁸ e uma discrepância de 12% entre as duas técnicas em pacientes sem obstrução ao fluxo aéreo foram descritos previamente¹⁹. Outros autores observaram uma diferença de 0,47 L ou 7,2% entre a CPT mensurada pela pletismografia e pelo método de diluição do He por respirações múltiplas em indivíduos normais⁶. Por outro lado, a comparação entre os dois métodos de diluição do He para mensuração da CPT em 3.673 pacientes com fluxo aéreo normal ($VEF_1/CVF > 0,70$) mostrou semelhança entre as duas técnicas⁷.

Na comparação entre a pletismografia e o método de diluição do He por respiração única em pacientes com obstrução ao fluxo aéreo, encontramos uma diferença de até 3,17 litros nos valores da CPT, sendo os valores da pletismografia maiores que os do He em todos os grupos. A diferença variou proporcionalmente ao aumento da obstrução ao fluxo aéreo. Em estudo realizado com 815 homens, com obstrução leve ao fluxo aéreo, foi descrita uma diferença de 0,75 litros²⁰. Discrepância de valores mensurados pela pletismografia e pela técnica de diluição do He de respiração múltipla^{6,21} variando de 0,71 a 1,08 litros e ainda, entre a técnica da diluição múltipla do nitrogênio em comparação com a técnica de diluição do He de respiração única de 0,64 litros⁸ foram descritos previamente. Além disso, outros estudos compararam os dois métodos de diluição do He na presença de obstrução ao fluxo aéreo e observaram uma variação de até 2,72 litros^{7,22}.

Entretanto, nos estudos acima foram incluídos pacientes com diferentes diagnósticos e com graus variados de obstrução ao fluxo aéreo.

Surpreende a discrepância da CPT entre a pletismografia e o método de diluição do He em 27 indivíduos normais que não teriam desuniformidade de distribuição da ventilação que justificasse a diferença do volume. Associada as o utras diferenças, este achado reforça a menor exatidão da mensuração do volume alveolar pelo He na determinação da CPT.

As discrepâncias na CPT e no volume residual obtidos por diferentes métodos podem estar diretamente relacionadas às técnicas utilizadas na mensuração dos mesmos. O método pletismográfico mede, além do volume ventilado, áreas pulmonares com aprisionamento de ar e ainda o ar contido no esôfago. De forma contrária, a técnica de diluição do He mensura apenas o ar que é ventilado, o que explica ria a diferença entre os valores obtidos pela pletismografia e pela técnica de diluição do He por respiração múltipla ou única em indivíduos obstrutivos^{5,7}, normais e restritivos^{12,13}. Adicionalmente, diferenças metodológicas entre as duas técnicas de diluição do He podem explicar a variação no volume pulmonar obtido num mesmo paciente. O método de diluição do He por respiração única é uma técnica simples e rápida, realizada durante a determinação da difusão pulmonar pelo monóxido de carbono, e a sua principal limitação é o potencial de subestimar os volumes pulmonares, uma vez que é realizada durante uma única manobra ventilatória^{13,19}. Diferentemente, no método da diluição do He por respirações múltiplas, o tempo do teste é maior, permitindo uma distribuição mais adequada do gás inalado de forma que este fique em equilíbrio com o ar alveolar^{7,8}. Adicionalmente, esta técnica requer menor esforço por parte do paciente durante a realização da prova de função pulmonar^{7,8,19,22}.

Na análise do impacto da obstrução ao fluxo aéreo, quantificado através do VEF₁ sobre a diferença entre a CPT e o VR obtido pelos dois métodos, observamos correlações significativas apenas no grupo de pacientes obstrutivos. Provavelmente a influência da obstrução ao fluxo aéreo foi subestimada e influenciada pelo perfil de nossos pacientes, os quais em sua maioria apresentavam DVO moderado a muito grave, com apenas cinco pacientes com doença leve. Do mesmo modo, a comparação entre os volumes pulmonares obtidos pelas duas técnicas, após estratificação dos pacientes de acordo com a presença ou ausência de obstrução ao fluxo aéreo, mostrou uma correlação de 0,92 nos indivíduos com espirometria normal e padrão restritivo e de 0,55 nos pacientes com padrão obstrutivo. Uma correlação de 0,98 entre a CPT obtida pelos dois métodos em 32 indivíduos normais¹⁸ e de 0,70 em pacientes com DVO havia sido relatada previamente¹⁸. Entretanto, a análise dos volumes obtidos pelas duas técnicas através do método de Bland Altman¹⁷ em nosso estudo mostrou que, apesar da correlação forte entre as duas medidas nos indivíduos com espirometria normal, houve uma discordância entre os dois métodos de medidas neste grupo de pacientes. A concordância entre as duas técnicas de determinação dos volumes pulmonares foi melhor no grupo de pacientes restritivos, se traduzindo por um intervalo de confiança mais estreito e uma maior concentração dos dados em torno da média. Contrariamente, no grupo de pacientes obstrutivos a discrepância tornou-se mais acentuada, principalmente nos pacientes com grandes volumes pulmonares. As limitações da correlação linear para avaliar o desempenho de duas técnicas que mensuram a mesma variável foram descritas previamente, do mesmo modo que as vantagens do uso do método de Bland Altman nesta situação²¹.

No nosso estudo os valores mensurados pela pletismografia foram maiores que os mensurados pelo método de diluição do He para demonstrar presença de alçapamento

aéreo, analisado através da relação VR/CPT nos diferentes grupos com DVO. De forma semelhante, uma superioridade da pletismografia em relação ao método da diluição do He por respiração múltipla foi encontrada em indivíduos portadores de asbestose¹³.

Uma contribuição importante do nosso estudo são as equações de regressão linear que permitem estimar os valores de CPT e VR correspondentes ao método pletismográfico a partir dos valores obtidos pela técnica da diluição do He por respiração única corrigidos para o grau de obstrução ao fluxo aéreo. Essas equações podem ser utilizadas na prática assistencial em situações e locais nos quais somente a espirometria e a difusão pulmonar estejam disponíveis. Equação semelhante para a CPT com correção para o grau de obstrução ao fluxo aéreo foi descrita anteriormente, entretanto o padrão ouro utilizado no estudo foi a técnica de diluição do hélio por respiração múltipla e não a pletismografia⁷.

Uma das limitações de nosso estudo é o caráter retrospectivo do mesmo. A nossa casuística de pacientes com DVO leve foi muito pequena, refletindo o perfil de pacientes atendidos num hospital universitário de referência. Do mesmo modo, não foi possível incluir um maior número de pacientes com DVO grave, o que limitou a estratificação dos pacientes com doença restritiva.

Em conclusão, nosso estudo demonstra que o método pletismográfico apresenta valores maiores tanto para a CPT como para o VR em comparação com o método de diluição do He por respiração única em indivíduos normais e em pacientes com doença pulmonar restritiva e obstrutiva. As maiores discrepâncias entre os dois métodos de determinação de volumes pulmonares foi observada no grupo de pacientes com DVO por DPOC, estando a magnitude da diferença diretamente associada à obstrução do fluxo aéreo. As equações de regressão linear descritas neste estudo permitem que os valores de CPT e VR, obtidos através da técnica de diluição do He por respiração única, sejam

ajustados para o fluxo aéreo, predizendo os valores dos volumes pulmonares que seriam obtidos pela pletismografia. Deste modo, a técnica relativamente simples, mais rápida e mais disponível da diluição do He por respiração única, empregada no contexto da determinação da capacidade de difusão pulmonar, tem seu potencial de uso expandido e sua acurácia aumentada.

Lista de figuras

Figura 1: Comparação das variáveis CPT e VR valores absolutos e percentuais do previsto medidos pela pletismografia e pelo método de diluição do hélio nos diferentes grupos de pacientes, estratificados de acordo com o diagnóstico funcional pulmonar. Em todos os grupos os valores da pletismografia foram maiores que os valores obtidos pelo método do hélio ($p < 0,01$). Letras maiúsculas representam comparações entre os valores da pletismografia e letras minúsculas entre os do método do hélio. Letras iguais representam ausência de diferenças estatisticamente significativas. Análise de variância com dois fatores (métodos e grupos), $p < 0,05$.

Figura 2: Correlações entre as diferenças mensuradas pela pletismografia e pelo método de diluição do He por respiração única das variáveis capacidade pulmonar total (CPT; coluna da esquerda) e volume residual (VR; coluna da direita) e o percentual do previsto do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) nos grupos de indivíduos com espirometria normal (A), padrão obstrutivo (B) e padrão restritivo (C) (correlação residual de Pearson).

Figura 3: Comparação entre valores da capacidade pulmonar total (CPT; coluna da esquerda) e do volume residual (VR; coluna da direita) mensurados pela pletismografia e pelo método de diluição do hélio por respiração única. A linha contínua indica a média dos valores e as tracejadas o desvio padrão ($1,96DP$). Letra A: indivíduos com espirometria normal; letra B: indivíduos portadores de DVO e letra C: indivíduos portadores de DVR (método de Bland Altman).

TABELA 1 – Características antropométricas, história tabágica e parâmetros funcionais de 169 indivíduos estratificados de acordo com o diagnóstico funcional pulmonar.

	ESPIROMETRIA		DVO		DVR	
	normal n= 27	leve/mod n= 29	grave n= 29	muito grave n= 35	menos grave n= 25	mais grave n= 24
Idade, anos	46,40 ± 2,50 ^b	64,90 ± 2,41 ^a	70,10 ± 2,41 ^a	65,80 ± 2,20 ^a	47,30 ± 2,60 ^b	54,42 ± 2,65 ^b
Peso, kg	66,60 ± 2,62 ^a	71,20 ± 2,53 ^a	68,40 ± 2,53 ^a	66,60 ± 2,30 ^a	70,50 ± 2,73 ^a	66,53 ± 2,78 ^a
Estatura, cm	161,00 ± 0,02 ^a	161,00 ± 0,02 ^a	163,00 ± 0,02 ^a	166,00 ± 0,02 ^a	1,62 ± 0,02 ^a	1,63 ± 0,02 ^a
IMC, kg/m ²	25,50 ± 0,89 ^a	27,30 ± 0,86 ^a	25,70 ± 0,86 ^a	24,20 ± 0,78 ^a	27,10 ± 0,92 ^a	25,08 ± 0,94 ^a
Tempo de fumo (anos)	5,89 ± 2,46 ^b	41,86 ± 2,42 ^a	44,86 ± 2,37 ^a	36,40 ± 2,16 ^a	10,60 ± 2,56 ^b	12,17 ± 2,61 ^b
IT (maços-ano)	5,40 ± 6,41 ^b	62,20 ± 6,29 ^a	59,00 ± 6,29 ^a	54,70 ± 5,63 ^a	12,30 ± 6,66 ^b	20,98 ± 6,80 ^b
Espirometria:						
CVF (L)	3,55 ± 0,13 ^a	2,82 ± 0,13 ^b	2,30 ± 0,13 ^c	2,27 ± 0,12 ^c	2,20 ± 0,14 ^{cd}	1,89 ± 0,14 ^d
CVF % previsto	98,31 ± 2,14 ^a	84,86 ± 2,06 ^b	67,70 ± 2,06 ^c	60,23 ± 1,88 ^c	62,07 ± 2,22 ^c	51,91 ± 2,27 ^d
VEF ₁ (L)	3,06 ± 0,10 ^a	1,66 ± 0,09 ^b	1,14 ± 0,09 ^c	0,82 ± 0,09 ^d	1,96 ± 0,10 ^b	1,70 ± 0,10 ^b
VEF ₁ %previsto	100,99 ± 1,71 ^a	63,20 ± 1,65 ^{bc}	42,40 ± 1,65 ^d	27,60 ± 1,50 ^e	67,34 ± 1,77 ^b	58,07 ± 1,81 ^c
VEF ₁ /CVF	85,35 ± 1,27 ^a	58,80 ± 1,23 ^b	49,85 ± 1,23 ^c	36,90 ± 1,12 ^d	89,61 ± 1,32 ^a	89,73 ± 1,35 ^a
Difusão:						
DCOc (ml/min/mmHg)	23,67 ± 0,91 ^a	13,04 ± 0,88 ^b	10,39 ± 0,88 ^c	8,85 ± 0,80 ^d	11,03 ± 0,94 ^{cd}	9,71 ± 0,96 ^{cd}
DCOc % previsto	86,42 ± 2,97 ^a	56,41 ± 2,87 ^b	46,27 ± 2,87 ^{bc}	36,25 ± 2,61 ^d	41,51 ± 3,09 ^{cd}	37,05 ± 3,15 ^{cd}
DCOc/VA	4,98 ± 0,18 ^a	2,85 ± 0,18 ^b	2,48 ± 0,18 ^{bc}	2,10 ± 0,16 ^c	3,68 ± 0,189 ^b	3,23 ± 0,19 ^b
DCOc/VA%previsto	94,04 ± 4,25 ^a	66,27 ± 4,10 ^b	63,91 ± 4,10 ^{bc}	51,61 ± 3,79 ^c	71,66 ± 4,42 ^b	69,42 ± 1,51 ^b

DVO: distúrbio ventilatório obstrutivo; DVR: distúrbio ventilatório restritivo; IMC: índice de massa corporal; IT: índice tabágico; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital forçada; DCOc: difusão do monóxido de carbono; DCOc/VA: difusão do monóxido de carbono sobre volume alveolar; mod: moderado.

Letras iguais significam ausência de diferença estatisticamente significativa, letras diferentes indicam diferenças significativas entre os grupos. Dados escritos em média e erro padrão das variáveis. Os dados são apresentados como média e erro padrão. Análise de variância One-way com um fator (grupos), p < 0,05.

Tabela 2: Diferença entre a pletismografia e o método de diluição do hélio para as variáveis CPT e VR em 169 indivíduos estratificados de acordo com o diagnóstico funcional pulmonar.

	Normais (n= 27)	DVO leve/mod (n= 29)	DVO grave (n= 29)	DVO muito grave (n= 35)	DVR menos grave (n= 25)	DVR mais grave (n= 24)
CPT _{P-H} (L)	0,77 ^a	1,72 ^b	2,07 ^b	3,17 ^c	0,88 ^a	0,56 ^a
IC 95%	(0,53;1,00)	(1,45; 1,99)	(1,65; 2,50)	(2,71; 3,63)	(0,74; 1,02)	(0,33; 0,79)
CPT _{P-H} %prev	14,30 ^{ab}	31,21 ^{bc}	38,23 ^c	53,35 ^d	15,96 ^{ab}	10,44 ^a
IC 95%	(9,20; 19,39)	(25,90; 36,52)	(30,11; 46,36)	(46,13; 60,58)	(13,68; 18,24)	(6,44; 14,44)
VR _{P-H} (L)	0,63 ^a	1,60 ^b	1,95 ^b	2,95 ^c	0,75 ^a	0,42 ^a
IC 95%	(0,40; 0,85)	(1,35; 1,85)	(1,55; 2,34)	(2,50; 3,39)	(0,61; 0,88)	(0,23; 0,61)
VR _{P-H} %prev	37,84 ^a	81,16 ^b	98,32 ^b	148,25 ^c	41,80 ^a	28,93 ^a
IC 95%	(23,43; 52,25)	(67,93; 94,40)	(80,48; 116,16)	(127,83; 168,66)	(30,98; 52,62)	(18,48; 39,38)

: delta, diferença entre os métodos; CPT: capacidade pulmonar total; P -H: pletismografia menos o método de diluição do hélio; CPT_{P-H} diferença da CPT da pletismografia em relação ao hélio; IC: intervalo de confiança; VR: volume residual; lev: leve; mod: moderado. Os dados são apresentados em delta e intervalo de confiança. Análise de variância One-way com um fator (grupos), p < 0,05.

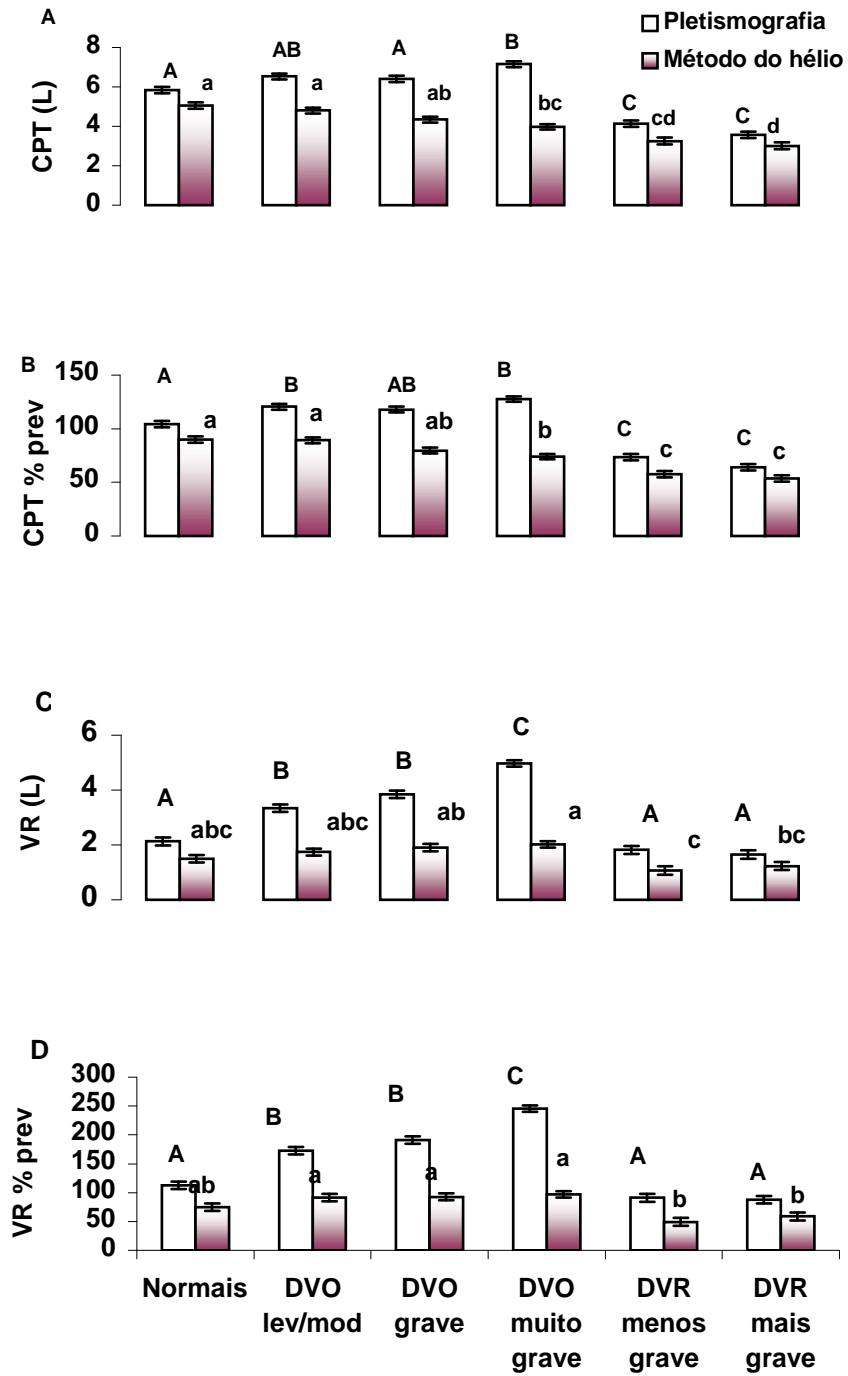


Figura 1

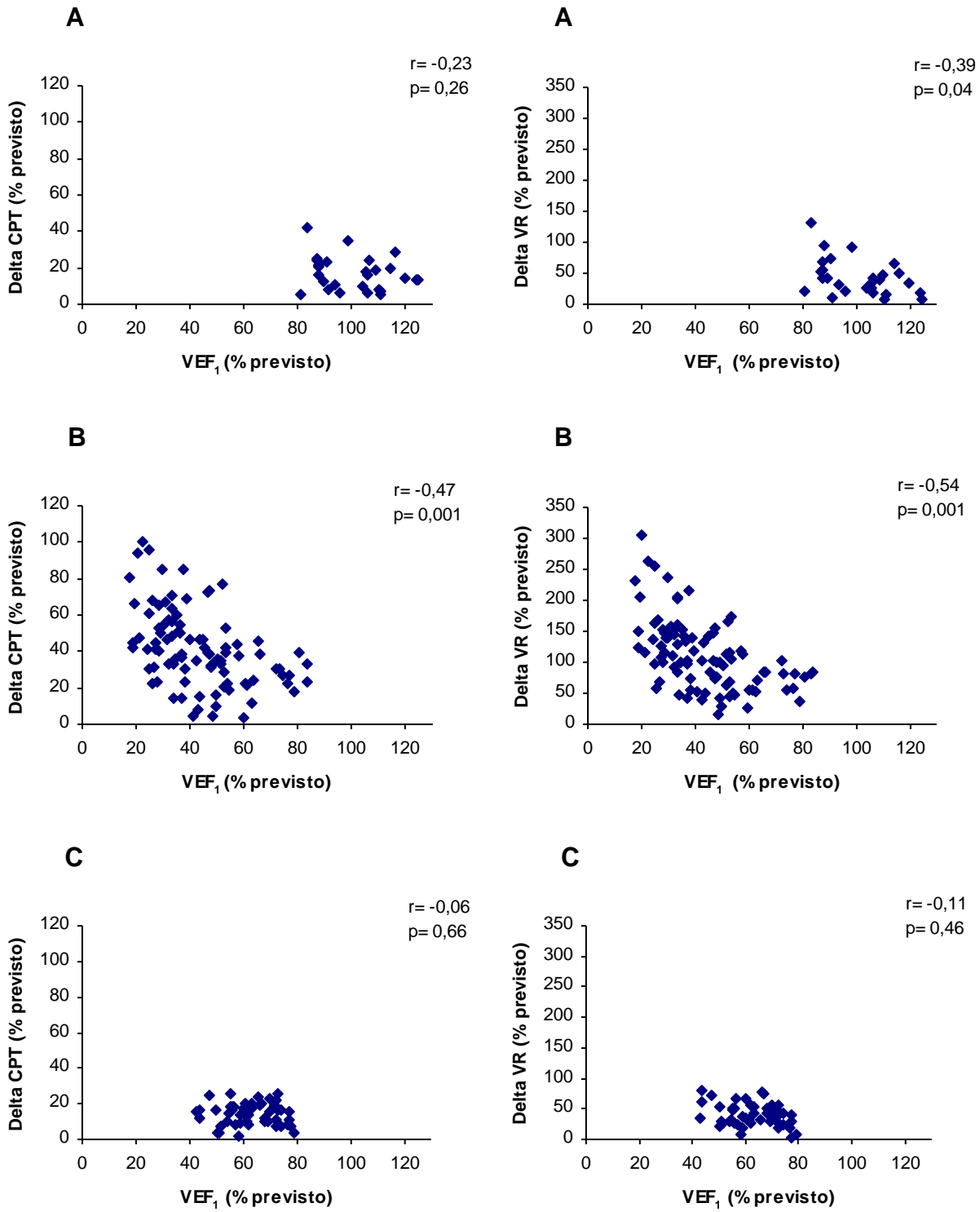


Figura 2

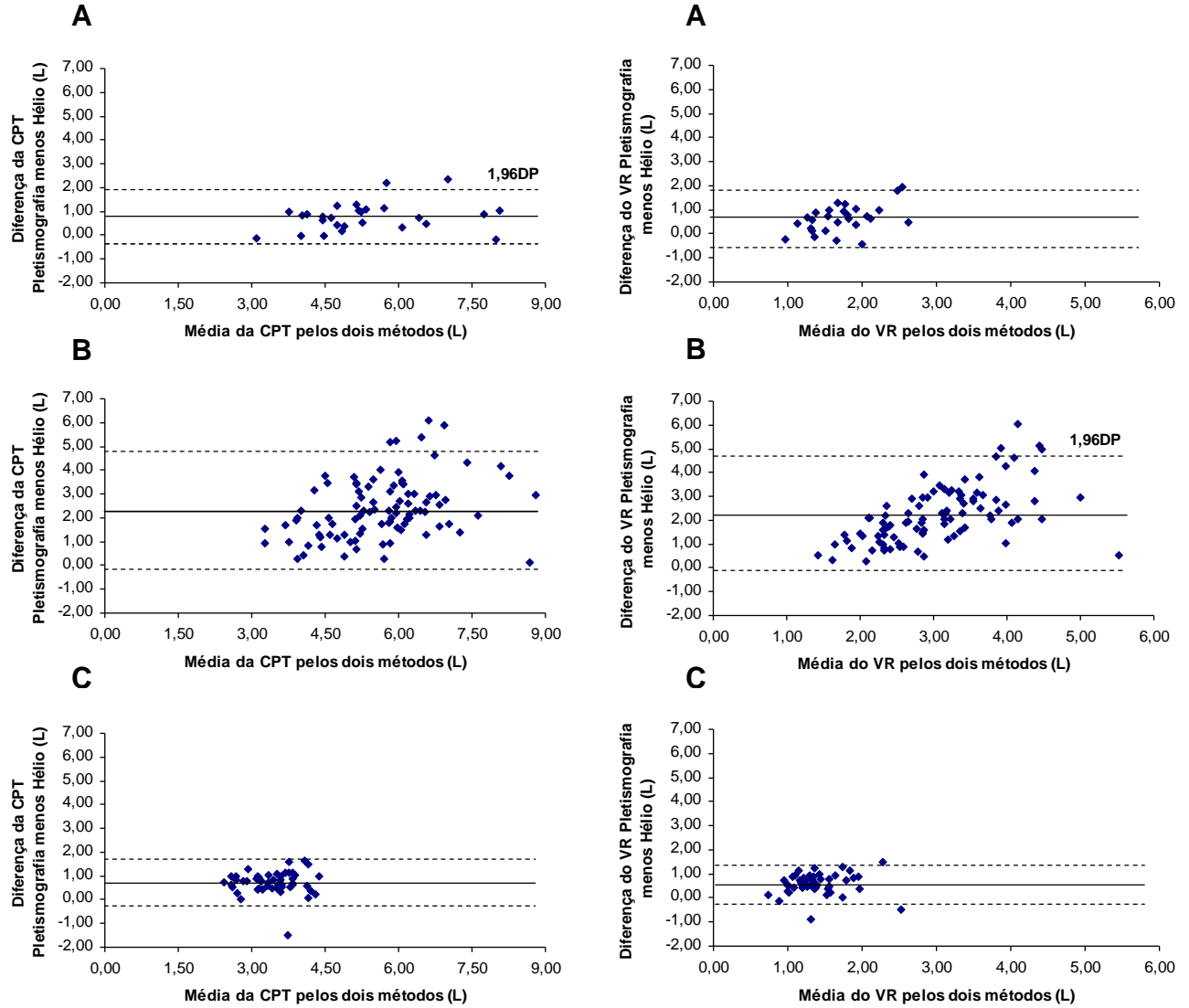


Figura 3

REFERÊNCIAS

1) Wanger JL, Clausen A, Coates OF, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J* 2005; 26: 511-522.

2) Neder JA, Andreoni S, Castelo Filho A et al. Reference values for lung function tests. I. Static volumes. *Braz J Med Biol Res* 1999; 32: 703-717.

3) Dias RM, Chauvet PR, Siqueira HR et al. Noções básicas para o entendimento dos testes de função respiratória. *Testes de função respiratória: do laboratório à aplicação clínica com 100 exercícios para diagnóstico*. São Paulo. Atheneu. 2000; 1-4.

4) Torpy JM, Lynn C, Glass RM. Preparing for surgery: evaluation of lung function. *Jama* 2007; 297: 19.

5) Dykstra BJ, Scanlon PD, Kester MM, Beck KC, Enright PL. Lung volumes in 4,774 patients with obstructive lung disease. *Chest* 1999, 115: 68-74.

6) Cliff IJ., Evans AH, Pantin CFA, Baldwin DR. Comparison of two new methods for the measurement of lung volumes with two standard methods. *Thórax* 1999; 54: 329-333.

7) Punjabi NM, Shade D, Wise RA. Correction of single-breath helium lung volumes in patients with airflow obstruction. *Chest* 1998; 114: 907-918.

8) Brugman TM, Morris JF, Temple WP. Comparison of lung volume measurement by single breath helium and multiple breath nitrogen equilibration methods in normal subjects and COPD patients. *Respiration* 1986; 49: 52-60.

9) Pesola GR, Magari RT, Dartey-Hayford S, Coelho-D'Costa V, Chinchilli VM. Total lung capacity: single breath methane dilution versus plethysmography in normals. *Respirology* 2007; 12: 291-294.

10) Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005; 26: 948-968.

- 11) Pappas GP, Brodtkin CA, Sheppard L, Balmes J, Horike M, Barnhart S. The validity of radiographic estimation of total lung capacity in patients with respiratory disease. *Chest* 1998; 114: 513-520.
- 12) Garcia-Rio F, Pino-Garcia JM, Serrano S, Racionero MA, Terreros-Caro JG, Alvarez-Saia R, Villasante C, Villamor J. Comparison of helium dilution and plethysmographic lung volumes in pregnant women. *Eur Resp J* 1997; 10: 2371 -2375.
- 13) Kilburn K.H, Miller A., Warshaw R.H. Measuring lung volumes in advanced asbestosis: comparability of plethysmographic and radiographic versus helium rebreathing and single breath methods. *Respiratory Medicine* 1993; 87: 115 -120.
- 14) Menna Barreto SS, Cavalazzi AC. Determinação dos volumes pulmonares: métodos de mensuração dos volumes pulmonares. In: Diretrizes para testes de função pulmonar. *J Pneumol* 2002; 28(3): 95-100.
- 15) Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123:659-664.
- 16) Crapo RO, Morris AH. Standardized single breath normal values for carbon monoxide diffusing capacity. *Am Rev Respir Dis* 1981;123:185 -189.
- 17) Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; i:307 – 310.
- 18) Mitchell MM, Renzetti, AD. Evaluation of a single-breath method of measuring total lung capacity. *Am Rev Respir Dis* 1968; 97: 571 -580.
- 19) Van der Lee I, Van Es HW, Noordmans HJ, Van den Bosch JMM, Zanen P. Alveolar volume determined by single-breath helium dilution correlates with the high-

resolution computed tomography-derived nonemphysematous lung volume. *Respiration* 2005; 461: 1-6.

20) Schünemann HJ, Dmochowski J, Campbell LA, Grant B.J.B. A novel approach for quality control of total lung capacity in the clinical pulmonary function laboratory: a study in a veteran population. *Respirology* 2003; 8: 365 -370.

21) Spence DPS, Kelly YJ, Ahmed J, Calverley PMA, Pearson MG. Critical evaluation of computerised x ray planimetry for the measurement of lung volumes. *Thorax* 1995; 50: 383-386.

22) Roberts CM, MacRae KD, Seed WA. Multi-breath and single breath helium dilution lung volumes as a test of airway obstruction. *Eur Respir J* 1990; 3: 515 -520.