

**CLÁUDIO GONÇALVES DE ALBUQUERQUE**

**RESISTÊNCIA DE VIAS AÉREAS INFERIORES DE INDIVÍDUOS OBESOS  
MEDIDA ATRAVÉS DA OSCILOMETRIA DE IMPULSO**

Recife, 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**CLÁUDIO GONÇALVES DE ALBUQUERQUE**

**RESISTÊNCIA DE VIAS AÉREAS INFERIORES DE INDIVÍDUOS OBESOS**  
**MEDIDA ATRAVÉS DA OSCILOMETRIA DE IMPULSO**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título em Mestre em Ciências da Saúde.**

**Orientador: Prof. Dr. Edgar Guimarães Victor**

**Co-orientador – Prof. Dr. José Ângelo Rizzo**

Recife, 2010



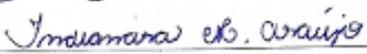


UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

**RELATÓRIO DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE CLÁUDIO GONÇALVES DE ALBUQUERQUE, ALUNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE, TURMA INICIADA EM 2008 (DOIS MIL E OITO)**

Às nove horas, do dia quatorze de abril de dois mil e dez, no Prédio das Pós-Graduações do CCS, tiveram início, pelo Coordenador do Curso, Prof<sup>o</sup>. Dr. José Ângelo Rizzo, o trabalho de Defesa de Dissertação, do mestrando **Cláudio Gonçalves de Albuquerque**, para obtenção do **Grau de Mestre em Ciências da Saúde** do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco. A Comissão Julgadora eleita pelo Colegiado do Curso e homologada pelas Câmaras de Pesquisa e Pós-Graduação foi formada pelos professores: Dr<sup>a</sup> Arméle de Fátima Dornelas de Andrade, na qualidade de Presidente, do Departamento de Fisioterapia da UFPE, Dr<sup>a</sup> Indianara Maria Araújo do Nascimento, do Hospital Agamenon Magalhães e professora da FIR, Dr<sup>a</sup> Simone Cristina Soares Brandão, do Hospital das Clínicas da UFPE. A Dissertação apresentada versou sobre: **“Resistência de Vias Aéreas Inferiores de Indivíduos Obesos Medida Através da Oscilometria de Impulso”** tendo como orientador o Prof. Dr. Edgar Guimarães Victor, aposentado e membro do Corpo Docente desta Pós-Graduação da UFPE. Após a explanação de 30 minutos feita pelo candidato, justificando a escolha do assunto, objetivos da Dissertação, metodologia empregada e resultados obtidos, ilustrados com diapositivos, foram realizadas as arguições pela Banca Examinadora, todos no tempo regulamentar e respondido pelo candidato. Ao término das arguições, a Banca avaliou em secreto e proferiu o seguinte resultado: “Aprovado”. Nada mais havendo a registrar, foram encerrados os trabalhos, do que, para constar, foi elaborado o presente relatório que vai assinado pelo Senhor Presidente e demais membros da Comissão Julgadora. Recife, 14 de abril de 2010.

  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Arméle de Fátima Dornelas de Andrade (Presidente)

  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Indianara Maria Araújo do Nascimento

  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Simone Cristina Soares Brandão

## Sumário

### **Apresentação**

**Referências Bibliográficas**

**Resumo**

### **Lista de Siglas**

### **Artigo de Revisão**

**Resumo**

**Abstract**

**Introdução**

**1. O Sistema respiratório**

**2. Sistema de Oscilometria de Impulso**

**2.1 Resistência de Vias Aéreas**

**2.2 Reatância do Sistema Respiratório**

**2.3 Frequência de Resonância**

**2.4 Recomendações para Realizações das Medidas Através do IOS**

**2.5 Sistema de Oscilometria de Impulso vs Espirometria**

**2.6 Sistema de Oscilometria de Impulso vs Pletismografia**

**3. Aplicabilidade Clínica**

**3.1 Avaliação na DPOC**

**3.2 Avaliação na Asma**

**3.3 Avaliação nos Distúrbios Neurológicos**

**3.4 Avaliação na Fibrose Cística**

**3.5 Avaliações em Doenças Ocupacionais**

**3.6 Avaliação nas Doenças Intersticiais**

**3.7 Avaliação na Obesidade**

**Considerações Finais**

**Referências Bibliográficas**

### **Artigo Original**

**Resumo**

**Abstract**

**Introdução**

**Metodologia**

**Resultados**

**Discussão**

**Considerações Finais**

**Referências Bibliográficas**

### **Lista de Tabelas e Figuras**

### **Anexos**

## **Agradecimentos**

A DEUS, pela condução da minha vida e construção do meu conhecimento e caráter. Sem Ele nada teria sido concretizado.

Ao professor José Ângelo Rizzo que acreditou na minha capacidade como pesquisador e me auxiliou incomensuravelmente nesta caminhada a qual pude desfrutar do seu profundo conhecimento e sabedoria.

Ao professor Waldemar Ladosky, responsável pelo início desta trajetória que me proporcionou a oportunidade de trabalhar com a oscilometria de impulso. Minha eterna gratidão pelos ensinamentos e companheirismo.

Ao professor Edgar Guimarães Victor pela confiança assumida, mesmo sem me conhecer, e pela dedicação na construção da dissertação.

Ao amigo e companheiros de laboratório Marcus Rocha, pelo auxílio durante o aprendizado, implementação dos equipamentos e a coleta de dados.

Ao amigo e companheiros de laboratório Flávio Maciel, indispensáveis para o aprendizado e implementação dos equipamentos e durante a coleta de dados, além do seu empenho e ajuda na formatação do trabalho final.

Aos amigos e colegas que participaram como grupo controle indispensáveis para a pesquisa.

“Existe somente uma idade para ser feliz...Somente uma época na vida de cada pessoa em que é possível sonhar...E fazer planos e ter alegria bastante para realizá-los...Essa idade tão fugaz na vida da gente chama-se PRESENTE. E tem a duração do instante que passa ”

Mario Quintana

Aos meus pais Roberto e Arlete, exemplos de determinação, pelos ensinamentos, conselhos e amor dedicados sem limites. Ao meu irmão Betinho pela amizade e carinho dedicados a mim.

À minha amada linda esposa Marly que de forma incontestável me tornou uma pessoa melhor e ajudou a construir meus sonhos. Eu te amo muito!

## **Apresentação**

A avaliação da função pulmonar faz parte do diagnóstico e acompanhamento de diversas doenças pulmonares e o exame espirométrico é um dos principais métodos utilizados por possuir padronização internacional e valores preditos de normalidade bem estabelecidos. Necessita, porém, de manobras ventilatórias forçadas que dependem fundamentalmente da colaboração do paciente. É consenso na literatura a necessidade de desenvolvimento de outros testes que possam prescindir desta colaboração<sup>1</sup>. O Sistema de Oscilometria de Impulso (IOS)<sup>1</sup> foi desenvolvido baseado na Técnica de Oscilação Forçada e vem ganhando aceitação como complemento aos exames espirométricos e pletismográficos na avaliação funcional pulmonar exatamente devido a esta característica – requer apenas que o paciente respire normalmente através de um bocal, sem necessidade de manobras específicas (expiração forçada ou respiração rápida, “panting”).

Esta dissertação apresenta inicialmente uma revisão sobre o IOS que utiliza ondas sonoras originadas em um alto-falante que são sobrepostas à respiração normal dos pacientes. Através da análise das ondas de fluxo e pressão resultante, torna-se possível avaliar a mecânica pulmonar de forma não invasiva e com a mínima cooperação do pacientes. Além disso, o IOS consegue avaliar separadamente as resistências das vias aéreas centrais e periféricas<sup>2</sup>.

Na segunda parte apresentamos os resultados de uma pesquisa original que teve a finalidade de avaliar, através do IOS, a mecânica pulmonar em indivíduos com vários níveis de índice de massa corpórea e verificar a influência da obesidade na resistência de vias aéreas periféricas. Os dados obtidos foram comparados com aqueles da espirometria<sup>4</sup>.

## Referências Bibliográficas

1. Hellinckx J, Cauberghs M, De Boeck K, Demedts M. Evaluation of impulse oscillation system: comparison with forced oscillation technique and body plethysmography. *Eur Respir J*. 2001 Set;18(3):564-70.
2. Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, Farre R, Hantos Z, Desager K, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. *Eur Respir J*. 2003 Dez;22(6):1026-41.
3. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol*. 2010 Jan;108(1):206-11.
4. Jones RL, Nzekwu MM. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest*. 2006 Set;130(3):827-33.

## Resumo

O sistema de oscilometria de impulso (IOS) é uma técnica de avaliação da mecânica do sistema respiratório que necessita de cooperação mínima dos pacientes, bastando que estes respirem normalmente, em volume corrente, em um bocal. Os principais dados obtidos são a medida da resistência total de vias aéreas (R5Hz), da resistência de vias aéreas centrais (R20Hz), da frequência de ressonância (Fres), que estima a resistência de vias aéreas periféricas e também pode ser obtida pela diferença R5Hz-R20Hz, e da reatância do sistema respiratório (X5Hz), que mede os componentes elásticos pulmonares. Uma característica peculiar do IOS é a possibilidade de avaliar a distensibilidade das vias aéreas nos diversos volumes pulmonares, e, assim, indiretamente, o grau de remodelamento destas vias aéreas.

Na revisão narrativa, abordamos inicialmente alguns aspectos dos princípios biofísicos e da aplicabilidade clínica dos dados obtidos através do IOS, bem como procuramos estabelecer sua relação com os outros métodos de avaliação da mecânica pulmonar. Neste tipo de revisão, os trabalhos mais relevantes, na opinião dos autores, são selecionados a partir de pesquisa bibliográfica empregando descritores selecionados.

No artigo original foram estudados indivíduos com vários níveis de índice de massa corpórea (IMC) nos quais a medida da resistência de vias aéreas (Rva) foi realizada empregando o IOS. Verificamos que há uma maior Rva periféricas em indivíduos com  $IMC \geq 40\text{kg/m}^2$  comparados aos indivíduos não obesos. Houve uma moderada correlação entre o IMC e a Rva periférica (medidas através da R5Hz-R20Hz e da Fres), a correlação entre o IMC e o fluxo expiratório a 25 e 75% da capacidade vital forçada (FEF<sub>25-75%</sub>) obtido pela espirometria foi fraca. Também observamos que a oscilometria de impulso foi capaz de identificar alterações da mecânica pulmonar em pacientes que apresentaram teste espirométrico normal.

As propriedades do IOS tornam o teste útil na análise e identificação de anormalidades das vias aéreas que não podem ser observadas por outras técnicas de avaliação. É necessário que mais pesquisas sejam realizadas para estabelecer critérios e graduações bem definidas desta técnica, visto o grande potencial de sua utilização e facilidade da realização do exame.

Palavras-chave: Oscilometria, Resistência das Vias Respiratórias, Testes de Função Respiratória.

## Abstract

The system of impulse oscillometry (IOS) is a technique for assessing respiratory mechanics that requires minimal cooperation of the patients, just that they normally breathe at tidal volume, in a nozzle. The main data are the measure of total airway resistance (R5Hz) of central airway resistance (R20Hz), the resonant frequency (Fres), which estimates the resistance of peripheral airways and can also be obtained from the difference R5Hz-R20Hz, and respiratory reactance (X5Hz), which measures the elastic recoil of the lungs. A distinctive feature of IOS is the ability to evaluate the distensibility of the airways in different lung volumes, and thus, indirectly, the degree of airway remodeling such.

In the narrative review, we discuss some aspects of the first principles of biophysical and clinical applicability of data obtained from the IOS, and sought to establish its relationship with other methods of assessing lung mechanics. In this type of review, the most relevant, in the opinion of the authors, are selected from literature search using the selected keywords.

In the original subjects were studied with various levels of body mass index (BMI) in which the measurement of airway resistance (TVR) was performed using the IOS. We found that there is greater peripheral Rva in subjects with  $BMI \geq 40\text{kg/m}^2$  compared to non-obese subjects. There was a moderate correlation between BMI and Rva peripheral (measured by R5Hz-R20Hz and Fres), the correlation between BMI and expiratory flow at 25 and 75% of forced vital capacity (FEF25-75%) obtained by spirometry was weak. We also observed that IOS was able to identify changes in lung mechanics in patients with normal spirometry.

The properties of IOS make the test useful in the analysis and identification of abnormalities of the airways that can not be observed by other valuation techniques. It is necessary that more research is done to establish well defined criteria and graduation this technique, given the great potential for their use and ease of examination.

Keywords: Impulse Oscillometry, Respiratory Function Tests, Airway Resistance.

**LISTA DE SIGLAS**

C – Grupo de comparação

CRF - Capacidade residual funcional

CRF - Capacidade residual funcional

CVF - Capacidade vital forçada

FEF<sub>25%</sub> - Fluxo expiratório forçado a 25% da CVF

FEF<sub>25-75%</sub> - Fluxo expiratório forçado médio entre 25% e 75% da CVF

FEF<sub>50%</sub> - Fluxo expiratório forçado a 50% da CVF

FEF<sub>75%</sub> - Fluxo expiratório forçado a 75% da CVF

Fres - Frequência de ressonância

Gaw - Condutância da via aérea

GI – Grupo I

GII - Grupo II

GIII - Grupo III

HC - Hospital das Clínicas

IMC - Índice de massa corpórea

IOS - Sistema de oscilometria de impulso

OI - Oscilometria de impulso

PFE - Pico de fluxo expiratório

R20Hz - Resistência central

R5Hz - Resistência total

Rva - Resistência de vias aéreas

TOF - Técnica de oscilação forçada

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

VEF<sub>1</sub> - Volume expiratório forçado no primeiro segundo

VRE - Volume de reserva expiratório

**Artigo de Revisão\***

**OSCILOMETRIA DE IMPULSO: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES CLÍNICAS  
NA AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO PULMONAR  
IMPULSE OSCILLOMETRY: PRINCIPLES AND CLINICAL USEFULNESS  
IN PULMONARY FUNCTION EVALUATION**

Título resumido: Resistência de Vias Aéreas e Oscilometria de Impulso

CLÁUDIO GONÇALVES DE ALBUQUERQUE<sup>1</sup>, EDGAR GUIMARÃES VICTOR<sup>2</sup>,  
JOSÉ ÂNGELO RIZZO<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Mestrando em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Medicina Clínica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>3</sup>Professor Adjunto do Departamento de Medicina Clínica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço para correspondência: Prof. Dr. José Ângelo Rizzo, Depto. de Medicina, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes do Rêgo, S/N, Cidade Universitária, Recife, PE-Brasil, e-mail: [jarrizo@hotmail.com.br](mailto:jarrizo@hotmail.com.br)

Palavras-chave: Oscilometria, Testes de Função Respiratória, Resistência das Vias Respiratórias.

Keywords: airway resistance, impulse oscillometry, respiratory function tests.

---

\* Artigo de revisão submetido para publicação e formatado de acordo com as normas do Revista Brasileira de Fisioterapia.

**RESUMO**

O sistema de oscilometria de impulso (IOS) foi desenvolvido baseado na técnica de oscilação forçada (TOF) descrita em meados do século passado. Através de ondas mecânicas impostas à respiração do indivíduo, é capaz de avaliar os componentes resistivos (resistência – R) e elásticos (reatância – X) do sistema respiratório. Tem como vantagens principais a não necessidade de manobras respiratórias forçadas nem de grande colaboração do paciente para a realização das medidas. Além disso, através deste método é possível avaliar alterações funcionais em regiões centrais e periféricas do pulmão, separadamente. Sua aplicação vem ganhando maior dimensão na avaliação diagnóstica e dos resultados terapêuticos de pacientes com diversas patologias respiratórias, no diagnóstico precoce das alterações funcionais provocadas pelas doenças ocupacionais e pelo tabagismo e nos testes de broncodilatação ou broncoprovocação. É uma técnica mais facilmente realizada por crianças e idosos e com uma maior sensibilidade em diversas situações clínicas que os exames disponíveis atualmente, como a espirometria e a pletismografia.

Este trabalho tem como objetivo esclarecer os princípios físicos e a utilidade clínica do IOS, bem como estabelecer sua relação com os outros métodos de avaliação da mecânica pulmonar.

Palavras-chave: Oscilometria, Resistência das Vias Respiratórias, Testes de Função Respiratória.

**ABSTRACT**

The impulse oscillometry system (IOS) was developed based on the forced oscillation technique (FOT) described in the middle of last century. By mechanical waves imposed breathing of the individual is able to assess the resistive components (resistance - R) and elastic (reactance - X) of the respiratory system. Its main advantages to not need forced respiratory maneuvers or large patient cooperation for the realization. Furthermore through it is possible to evaluate changes in central and peripheral regions of the lung. Your application has been gaining size during the evaluation of patients with asthma, the chronic obstructive pulmonary disease, other obstructive and restrictive diseases, in the occupational diseases and bronchodilation tests or provocation. It has been shown to be a technique more easily performed by children and the elderly and with greater sensitivity in many clinical situations.

This study aims to explain the physical principles and the clinical utility of IOS, and establish its relationship with other methods of assessing lung mechanics.

Keywords: Impulse Oscillometry, Respiratory Function Tests, Airway Resistance.

## INTRODUÇÃO

Os testes da função pulmonar são de grande utilidade na avaliação de pacientes com sintomas respiratórios, do risco cirúrgico ou em estudos epidemiológicos. Pela sua simplicidade e baixo custo a espirometria tornou-se a técnica mais disseminada de avaliação da função pulmonar, seguida e complementada pela pletismografia e pelo método de diluição do Hélio. O estabelecimento de protocolos bem definidos e a disponibilidade de sistemas comerciais contribuem para o uso rotineiro destas técnicas de avaliação da mecânica pulmonar para o diagnóstico e acompanhamento em diversas patologias<sup>1</sup>.

Entretanto estes métodos de avaliação requerem significativa cooperação dos pacientes e a necessidade de manobras forçadas que limitam seu uso em pacientes com déficit cognitivos, crianças e idosos. Os equipamentos de pletismografia são relativamente custosos e os exames são realizados em ambientes claustrofóbicos, dificultando sua utilização<sup>1</sup>. Dadas estas desvantagens, o interesse pelo desenvolvimento de outras técnicas de avaliação funcional pulmonar vem ganhando espaço no meio científico, podendo-se destacar o sistema de oscilometria de impulso (uma variante da técnica de oscilação forçada), que requer apenas que o paciente respire normalmente através de um bocal conectado ao equipamento e com isso é capaz de fornecer informações a respeito da resistência das vias aéreas, centrais e periféricas, e da reatância do sistema respiratório<sup>2</sup>.

Apesar do fato de diversos profissionais da saúde poderem se utilizar dos dados fornecidos pelo sistema de oscilometria de impulso (IOS) para um diagnóstico mais acurado e acompanhamento de tratamento dos pacientes esta técnica é pouco difundida e pouco utilizada por grande parte destes profissionais, mesmo especialistas.

A partir dos dados da literatura procuramos fazer uma revisão narrativa a respeito dos princípios biofísicos e da aplicabilidade clínica dos dados obtidos através da utilização do IOS, bem como estabelecer sua relação com os outros métodos de avaliação da mecânica pulmonar. Neste tipo de revisão os trabalhos mais relevantes, na opinião dos autores, são selecionados a partir de pesquisa bibliográfica empregando descritores relevantes (apêndice).

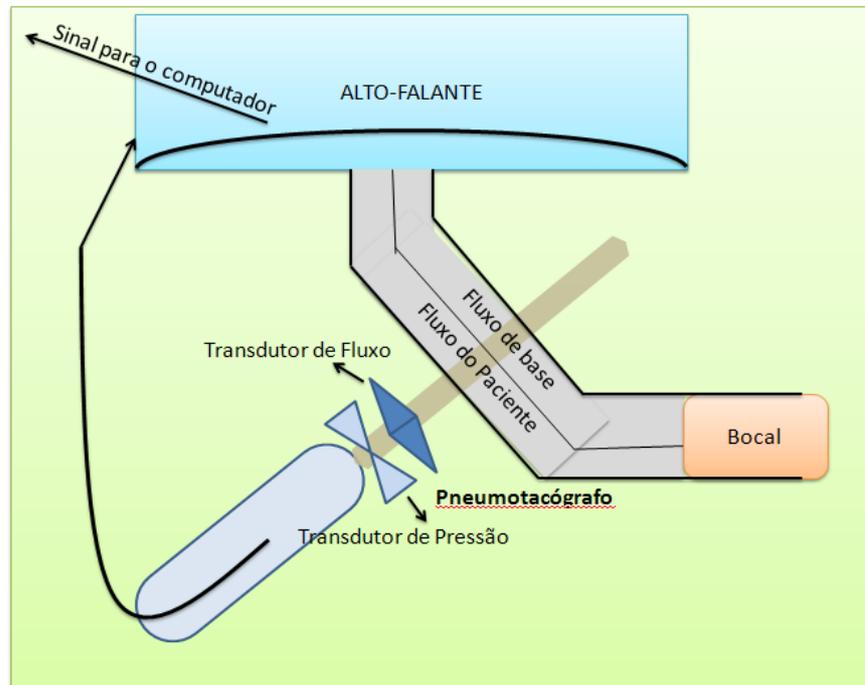
## **1. SISTEMA DE OSCILOMETRIA DE IMPULSO**

A avaliação da Rva com o uso da TOF foi descrita inicialmente por DuBois et al.<sup>3</sup> e desde então tem sido introduzida na prática clínica. É realizada utilizando-se um aparelho capaz de produzir pequenas ondas mecânicas de pressão (em torno de 1cm/H<sub>2</sub>O), mono ou multifrequenciais, que são aplicadas ao interior do sistema respiratório através de um bocal e que se sobrepõem à respiração basal dos pacientes.

Mais recentemente foi desenvolvido e disponibilizado comercialmente, como um tipo de TOF, o IOS (MasterScreen IOS, VIASYS Healthcare GmbH, Alemanha) que difere apenas na forma retangular com que as ondas mecânicas de pressão são geradas e na apresentação dos resultados através de dados mais facilmente interpretados<sup>1</sup>.

Da mesma forma que na TOF, no IOS um dispositivo externo é responsável pela geração de pressões oscilatórias (ondas mecânicas) que são aplicadas através de um bocal em indivíduos respirando espontaneamente. As ondas mecânicas se sobrepõem às ondas de fluxo e pressão da respiração do paciente e a reflexão destas ondas é captada e medida por um aparelho – pneumotacógrafo (fig.1). A análise e a comparação das oscilações enviadas pelo dispositivo (alto-falante) com aquelas captadas pelo

pneumotacógrafo e sua integração com as medidas de fluxo (transdutor de fluxo) e de pressão (transdutor de pressão) ao nível da boca, fornecem dados que possibilitam o cálculo da Rva dos pacientes<sup>4-5</sup>.



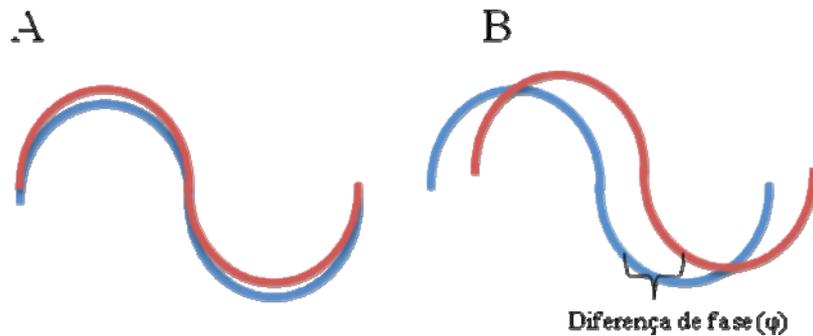
**Fig.1-** Diagrama esquemático do IOS.

Na figura 1, podemos observar o alto-falante responsável pela geração das ondas mecânicas que são emitidas às vias aéreas do paciente através do bocal, um transdutor de pressão e um transdutor de fluxo que realizam a leitura das ondas emitidas e captadas pelo aparelho. É possível observar também que este sistema possui duas vias de passagem de ar, uma que permite a respiração espontânea do indivíduo e outra para a emissão de um fluxo adicional para renovação do ar que fica nos espaços do aparelho.

Os pulsos de pressão aplicados pelo IOS no sistema respiratório de um indivíduo são superpostos à sua respiração normal e um sinal de fluxo é refletido pelas vias aéreas a cada pulso de pressão gerado pelo equipamento.

Ambos os sinais de pressão e fluxo são registrados pelos respectivos transdutores, localizados no pneumotacômetro do IOS. Esses sinais registrados são

decompostos em funções senoidais (fig.2) após a aplicação de um cálculo matemático realizado pelo computador do equipamento.



**Fig.2** – Ondas mecânicas do fluxo (linha azul) e pressão (linha vermelha) em fase (A) e fora de fase (B)

Observando a figura 2, podemos notar que as ondas de fluxo não estão sobrepostas às ondas da pressão correspondente (B), a esse atraso entre os sinais denominamos diferença de fase ( $\varphi$ ). A amplitude e a diferença de fases entre estas duas funções senoidais variam de acordo com o sistema respiratório dos indivíduos e torna capaz interpretar o comportamento da impedância deste sistema<sup>6</sup>.

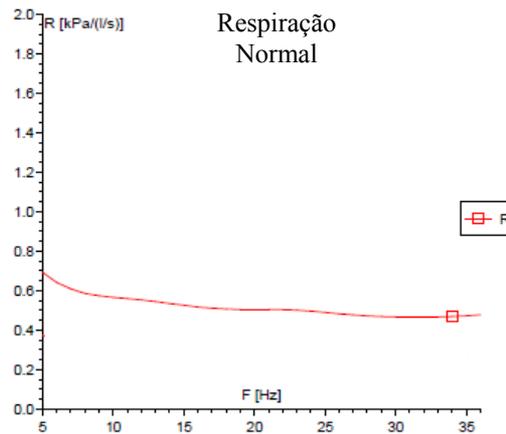
O termo impedância ( $Z$ ) refere-se ao efeito conjunto das forças de oposição do fluxo de ar durante a respiração. Quando iniciamos uma inspiração os músculos respiratórios devem contrair-se gerando uma pressão suficiente para vencer as cargas elásticas e resistivas do sistema respiratório. As cargas elásticas correspondem à elasticidade do pulmão e da caixa torácica, o que conhecemos como complacência, enquanto as cargas resistivas referem-se ao atrito entre o fluxo de ar e as paredes das vias aéreas. A medida da  $Z$  não tem sido amplamente utilizada pois não separa os componentes resistivos e elásticos do sistema respiratório durante a avaliação, sendo substituídas por dados que representam estes componentes de forma isolada, a resistência e a reatância, respectivamente<sup>4</sup>.

## 1.1 RESISTÊNCIA DAS VIAS AÉREAS

A Rva corresponde à pressão necessária para produzir fluxo de ar através das vias aéreas e é medida em  $\text{cmH}_2\text{O/l/seg}$  ou em  $\text{kPa/l/seg}$  ( $1 \text{ kPa/l/seg} = 10,2 \text{ cmH}_2\text{O/l/seg}$ ). Fundamentalmente é gerada pela fricção do ar com as paredes das vias de condução aérea do sistema respiratório (cavidade nasal e oral, faringe, laringe, traquéia, brônquios e bronquíolos).

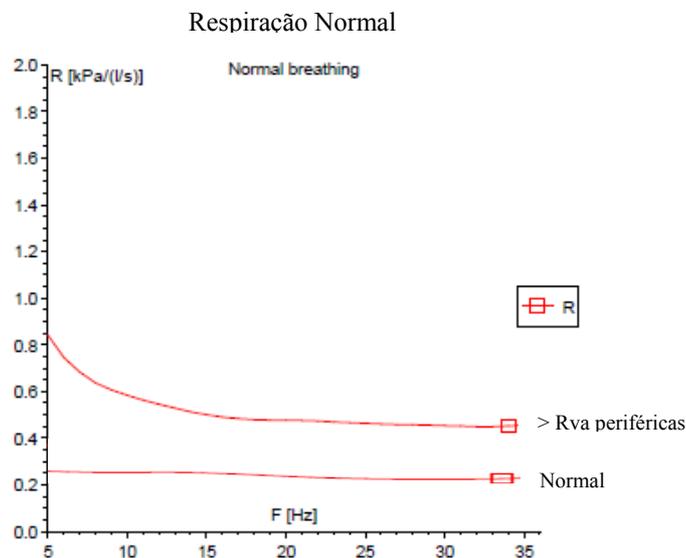
O IOS gera ondas de pressão com frequências variáveis entre duas e 32 vezes por segundo (Hz), o que torna possível avaliar as resistências a nível de pequenas e grandes vias aéreas. O cálculo da Rva pode ser regionalizado e quantificado dependendo da frequência de oscilação emitida pelo alto-falante. A resistência total das vias aéreas é medida com a frequência de 5Hz (R5Hz), aquela empregando a frequência de 20Hz (R20Hz) representa a resistência de vias aéreas centrais e a diferença entre as duas (R5Hz-R20Hz) indica a resistência de vias aéreas periféricas. Os dados da resistência medidos pelo IOS apresentam um coeficiente de variação interpessoal entre cinco e 12%<sup>6</sup>.

Na figura 03 podemos observar o comportamento da resistência medida através do IOS com frequência de oscilação de 5 a 35Hz. Para cada frequência (eixo das abscissas) há uma dada resistência (eixo das coordenadas), neste caso não observamos grandes variações da resistência quando se aumenta a frequência de oscilação.



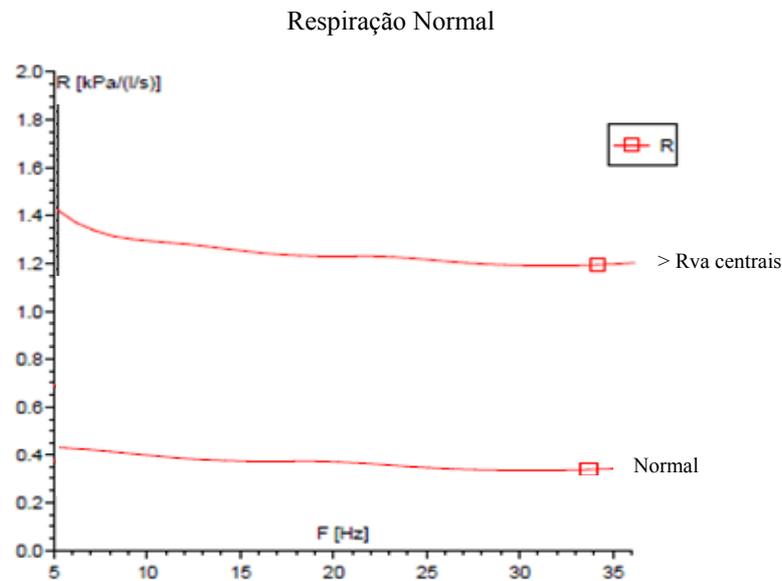
**Fig.3** – Comportamento da resistência (R) em com vários níveis de frequência de oscilação do IOS em um indivíduo normal.

Na figura 04 está desenhado o mesmo gráfico em um indivíduo com DPOC, onde observa-se que à medida que a frequência aumenta de 5Hz para 20Hz ocorre uma redução na resistência. Esta dependência da resistência em relação a frequência (quanto maior a frequência menor a resistência) é encontrada em indivíduos com DPOC, asma, fibrose cística, insuficiência cardíaca congestiva crônica, entre outros, representando alterações em vias aéreas periféricas<sup>6-7</sup>.



**Fig.4** – Resistência dependente da frequência de oscilação gerada pelo alto-falante em um indivíduo com um aumento da resistência periférica (DPOC)

Quando o aumento da resistência ocorre em vias aéreas centrais há um aumento paralelo da  $R_{5\text{Hz}}$  e da  $R_{20\text{Hz}}$ . Quando os pacientes apresentam esta alteração, as resistências permanecem semelhantes em todas as frequências emitidas pelo IOS (a resistência independe da frequência – Fig.5)<sup>6</sup>.



**Fig.5** – Aumento da resistência de vias aéreas centrais demonstrado pelo aumento paralelo da  $R_{5\text{Hz}}$  e  $R_{20\text{Hz}}$ .

## 1.2 REATÂNCIA DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

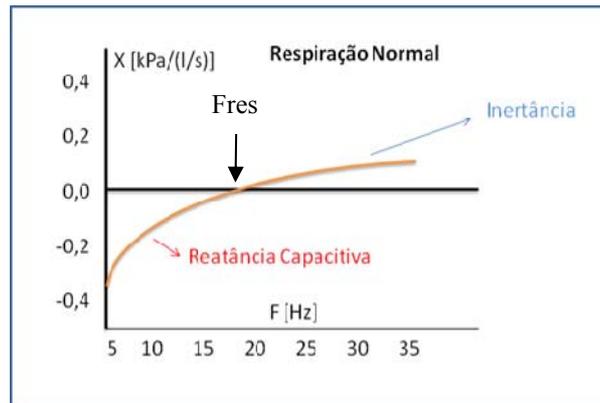
Os pulmões e o tórax são constituídos por tecidos com propriedades elásticas. A complacência do sistema respiratório reflete sua elasticidade e sua resistência à deformidade frente a graus variáveis de esforço e é medida pela alteração do volume por unidade de pressão aplicada para alterar este volume, expressa em litros por  $\text{cmH}_2\text{O}$ . A **elastância** descreve a variação de pressão necessária para deslocar certo volume pulmonar, e está aumentada em condições clínicas que tornam os pulmões menos elásticos ou a caixa torácica menos expansível, como doenças pulmonares intersticiais, e nas alterações da parede torácica, como na cifoescoliose, na distensão abdominal,

entre outras. Através do IOS é possível avaliar também esta elastância do sistema respiratório como um todo – pulmões e caixa torácica - a partir do cálculo da reatância do sistema respiratório<sup>6, 8</sup>.

Quando observamos a reatância medida com baixas frequências emitidas pelo IOS, em geral 5Hz (X5Hz), notamos que seu valor é negativo. Nestas faixas de frequências a reatância representa a complacência do sistema respiratório (a recíproca da elastância), e a denominamos de reatância capacitiva. Com o aumento da frequência do IOS o valor da reatância fica menos negativo até se tornar nula, isto ocorre geralmente entre as frequências de 8 a 12Hz em indivíduos normais (esta frequência é chamada de frequência de ressonância, detalhada na próxima sessão), a partir desse ponto, passa a representar a força inercial do movimento da coluna de ar pelas vias aéreas de condução, expressada em termo de inertância, está é a reatância inercial (Fig.6). Esta força inercial do fluxo aéreo no sistema respiratório não possui significância e é ignorada na prática clínica<sup>6</sup>.

Na avaliação dos componentes elásticos do sistema respiratório é considerada a medida da reatância empregando a frequência de impulso de 5Hz do IOS (X5Hz). Quanto mais negativa a X5Hz maior a restrição elástica do sistema respiratório, ou seja, menor a complacência<sup>6</sup>.

Em pacientes com distúrbio restritivo, com patologias que afetam os componentes elásticos dos pulmões ou da parede torácica, como na fibrose pulmonar, cifoescoliose, insuficiência cardíaca congestiva etc, a X5Hz é utilizada como uma forma alternativa para avaliar a complacência do sistema respiratório<sup>9-10</sup>.



**Fig.6** – Comportamento da Reatância ( $X$ ) com o aumento da frequência de oscilação do IOS

### 1.3 FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA

Como descrito anteriormente, o IOS emite oscilações de pressão na faixa de frequência de 5 a 32Hz, os valores da reatância são diferentes para cada uma destas frequências. Existe uma frequência na qual, dependendo da arquitetura das vias aéreas do indivíduo, a reatância torna-se nula ( $X=0$ ) e apenas pode ser mensurada a resistência do sistema respiratório, sendo chamada de frequência de ressonância ( $F_{res}$ ). Os valores da  $F_{res}$  aumentam com o aumento da Rva em regiões periféricas dos pulmões, sendo outro parâmetro para estimar alterações brônquicas em pacientes com obstrução das vias aéreas de pequeno calibre, sendo algumas vezes mais sensível em detectar estas alterações quando comparado às medidas da diferença  $R_{5\text{Hz}}-R_{20\text{Hz}}$ (16). Nos pacientes que apresentam alterações nas estruturas periféricas dos pulmões, incluindo bronquíolos e alvéolos, que evoluem com redução da complacência dinâmica do sistema respiratório, os valores da  $F_{res}$  são maiores quando comparados aos indivíduos normais<sup>11</sup>.

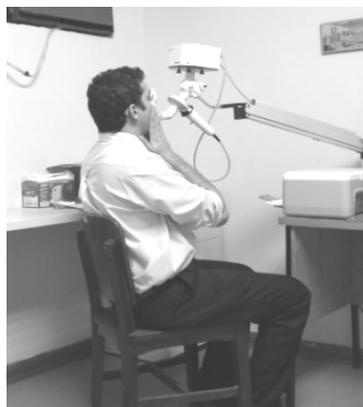
No estudo de Kolsum et al.<sup>11</sup>, no qual 94 pacientes com DPOC foram avaliados pela plestimografia e pelo IOS, foi encontrada uma correlação negativa entre a

condutância específicas de vias aéreas (sGva) e a Fres ( $r = -0,51$ ). Mostrando que com a redução da condutância (ou seja, aumento da Rva) os valores da Fres aumentam.

Os tabagistas, mesmo sem DPOC, apresentam obstrução de vias aéreas devido ao processo inflamatório e a hiperresponsividade brônquica<sup>12</sup>. Nestes indivíduos foram encontradas uma menor sGva e uma maior Fres quando comparados aos não fumantes<sup>13</sup>. Assim como ocorre na comparação com os dados da plestimografia, a Fres correlaciona-se com os parâmetros da espirometria, principalmente o volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF<sub>1</sub>)<sup>11</sup>.

#### 1.4 RECOMENDAÇÕES PARA REALIZAÇÃO DAS MEDIDAS ATRAVÉS DO IOS

No momento da avaliação da função pulmonar através da oscilometria de impulso é necessário observar o posicionamento adequado do paciente, ou seja, mantê-los sentados, com ambos os pés apoiados no chão (sem cruzar as pernas) e o tronco apoiados na cadeira (Fig.7). Os pacientes respiram normalmente, com a boca bem fechada em torno de um bocal de plástico, evitando-se vazamentos de ar através do uso de clipe nasal e também o *shunt* de vias aéreas superiores ao pressionar as mãos contra as bochechas<sup>18</sup>.



**Fig.7** – Aplicação do IOS em um voluntário

O paciente deve respirar calma e normalmente por pelo menos 40 segundos e em seguida realizar uma inspiração e expiração máximas. Assim, podemos observar o comportamento da mecânica respiratória ao nível da CRF, da capacidade pulmonar total (CPT) e do VR, respectivamente, e desta forma analisar a influencia do volume pulmonar nos valores da resistência e da reatância. Na avaliação da hiperreatividade brônquica estas manobras de inspiração e expiração máximas devem ser evitadas devido à possível broncodilatação provocada pela inspiração profunda<sup>14</sup>.

De três a cinco manobras devem ser realizadas para análise, entre elas o indivíduo deve respirar espontaneamente fora do bocal. Quando o objetivo for avaliar alterações no tônus brônquico, como nos testes de broncoprovocação, um intervalo de 10 a 20 minutos entre as manobras antes e depois do agente broncodilatador ou constritor deve ser considerado<sup>6</sup>.

Não temos para o IOS valores de normalidade previstos para a população brasileira, os dados obtidos em adultos são comparados aos valores de referências obtidos na população européia. Os valores de referência para crianças com idade entre três e dez anos e altura entre 100 e 150 centímetros foram determinados por Frei et al.<sup>15</sup> nos Estados Unidos. Na Austrália, Newbury et al.<sup>16</sup> realizaram um estudo piloto para obtenção das equações preditivas do IOS para esta população. Também neste país foram avaliadas 158 crianças com idade entre dois e sete anos, sem doença pulmonar permitindo a utilização dos dados obtidos nesta pesquisa como valores referência para futuras comparações com crianças que apresente alterações respiratórias neste país<sup>17</sup>. No Japão um estudo envolvendo 299 adultos foi realizado para determinar valores de referência para a população deste país<sup>18</sup>.

Como o sistema respiratório não é linear, ou seja, é composto por estruturas complexas ligadas em série e em paralelo, incluindo os pulmões, a parede torácica, as

vias aéreas superiores, os brônquios e bronquíolos, e como há mudanças no fluxo respiratório durante a inspiração e a expiração, artefatos podem ser gerados durante a mensuração da mecânica respiratória pelo IOS. Para minimizar erros a função de coerência ( $Co$ ) deve ser observada ao final do exame, o que permite avaliar a validade do teste. A  $Co$  é uma medida de correlação entre dois sinais (pressão e fluxo, no caso do IOS) que pode ser utilizada para avaliar o nível de ruído do sistema. O valor próximo à unidade indica que o nível de ruído (devido a falhas na realização do exame) é baixo e que o sistema possui um comportamento próximo ao linear. Pode ser calculada para cada frequência utilizada, assim, podemos obter dados confiáveis com valores da  $Co$  mínimos de 0,7 na frequência de 5Hz e 0,9 na frequência de 20Hz<sup>4, 8</sup>.

Devido a sua praticidade e facilidade de execução, torna-se importante estudar a utilidade da avaliação da resistência de vias aéreas através do IOS na prática clínica, como diagnóstico funcional, acompanhamento de tratamentos, o efeito de broncodilatadores etc. Assim como sua contribuição à complementação de testes de função pulmonar usuais como a espirometria e a plestimografia.

### **1.5 SISTEMA DE OSCILOMETRIA DE IMPULSO VS ESPIROMETRIA**

Uma vantagem marcante do IOS quando comparada a outras formas de avaliação da função pulmonar é a facilidade para execução do teste pois requer cooperação mínima do paciente e, sendo realizada com um padrão respiratório de repouso, pode ser utilizada em indivíduos indispostos ou incapazes de cooperar com as manobras de expiração forçada, como crianças com idade entre dois e seis anos, idosos, pacientes com lesão neurológica central ou aqueles que voluntariamente não aderem às manobras<sup>4, 19-21</sup>.

Bar-Yishay et al.<sup>22</sup> observaram que é possível avaliar a resistência de vias aéreas de crianças com idade a partir de dois anos com o IOS. Realizaram espirometria e medida de resistência em 46 crianças com idade média de 4,9 anos (variando de 1,8 a 18,3anos). Desta amostra 40 crianças foram capazes de realizar a avaliação com a oscilometria enquanto 29 conseguiram realizar a espirometria. Das 14 crianças com idade abaixo de quatro anos apenas três conseguiram realizar a espirometria e nove realizaram a avaliação com a oscilometria.

Em uma revisão sobre o IOS, Oosteven et al.<sup>6</sup> observaram que o CV intraindividual da medida da Rva variou de 4,7% a 11,3% em dias diferentes em adultos normais e em crianças asmáticas o CV em média foi de 16% em dias diferentes e de 17% em semanas diferentes.

Recentemente Kanda et al.<sup>23</sup> estudaram a Rva em 95 pacientes com DPOC, 52 asmáticos e 29 voluntários normais através do IOS e compararam os resultados com os parâmetros da espirometria. Os pacientes asmáticos apresentaram uma maior R20Hz (que corresponde às vias aéreas centrais) e os pacientes com DPOC uma maior R5Hz e Fres (que demonstra alterações em vias aéreas periféricas) quando comparados aos indivíduos normais. Um dado interessante foi que mesmo os pacientes asmáticos que apresentavam uma relação VEF<sub>1</sub>/CVF acima do limite inferior da normalidade (80%) tinham uma Rva significativamente maior que os controles. Este achado sugere que o IOS pode detectar alterações nas vias aéreas que não são observados pela espirometria.<sup>23</sup>.

No estudo de Kolsum et al.<sup>11</sup> os parâmetros do IOS que mais se associaram com o VEF<sub>1</sub> foram a X5Hz e a Fres em 94 pacientes com diagnóstico de DPOC, estes autores também encontraram uma associação entre R5Hz com o VEF<sub>1</sub> o que não ocorreu com a R20Hz. Estas alterações da R5Hz estão relacionadas à obstrução das vias

aéreas periféricas nestes pacientes. Como a R20Hz avalia apenas disfunções nas vias aéreas centrais o uso desta variável para análise da função pulmonar em pacientes com DPOC é questionável.

A resposta broncodilatadora positiva é frequentemente encontrada em crianças asmáticas e a espirometria tem sido o método mais utilizado durante esta avaliação. Porém é uma técnica que além de necessitar grande colaboração dos pacientes, pode alterar o tônus brônquico (devido a necessidade da realização de manobras de inspiração profunda) e levar o indivíduo à exaustão após várias repetições<sup>24</sup>. Assim, vem aumentando o interesse na utilização de outras técnicas, como o IOS, para mensurar a resposta broncodilatadora<sup>25-27</sup>.

Marotta et al.<sup>25</sup> verificaram a resposta a drogas broncodilatadoras em crianças menores de 4 anos divididas em dois grupos, asmáticas (n=28) e não asmáticas (n=45). Os grupos foram avaliados através do IOS antes e após administração de albuterol, nos asmáticos houve uma redução média na R5Hz de 27% (IC95% de 17,1 a 39,2%) comparada a de 17% (IC95% de 9,9% a 32,8%) nos não asmáticas. O que pode ajudar o diagnóstico clínico de asma, dependendo da variação da Rva após teste de broncodilatação.

Em uma pesquisa realizada para verificar qual a técnica mais adequada para detectar a broncodilatação com salbutamol em pacientes com DPOC, o IOS foi mais sensível em detectar resposta quando comparado à espirometria<sup>28</sup>. Resultados semelhantes podem ser observados em indivíduos asmáticos nos quais novamente o IOS teve uma maior sensibilidade em observar o efeito fisiológico broncodilatador quando comparado ao teste espirométrico<sup>27</sup>. Novas pesquisas devem ser realizadas para definir se esta maior sensibilidade do IOS se traduz em algum benefício clínico seja para o diagnóstico precoce ou tratamento destes pacientes<sup>29</sup>.

Ainda não há um consenso sobre qual a redução nos parâmetros do IOS deve ser encontrada para determinar uma resposta broncodilatadora. Van Noord et al.<sup>30</sup> observaram redução na Rva pós broncodilatador e uma correlação com o aumento no VEF<sub>1</sub> definindo uma redução de 45% da Rva como o valor limiar para resposta broncodilatadora. Enquanto Zerah et al.<sup>31</sup> observaram uma sensibilidade e especificidade semelhante entre o VEF<sub>1</sub> e a Rva medida pela IOS utilizando um valor limiar de 10% de variação para ambos parâmetros.

Cento e vinte e seis pacientes asmáticos com idade média de 45 anos foram avaliados através do IOS antes e após 30 minutos da administração de 0,2mg de pirbuterol por via inalatória. Um aumento de 0,2L(10,5%) do VEF<sub>1</sub> foi equivalente a uma redução de 16% na R5Hz, 10,8% na R20Hz e 12,5% na diferença R5Hz-R20Hz(43), estes autores utilizaram uma análise estatística (*d-score*) diferente dos estudos anteriores<sup>32</sup>. Estudos semelhantes devem ser realizados para a determinação da magnitude de redução dos parâmetros do IOS que pode ser considerada como resposta broncodilatadora<sup>6</sup>.

Os parâmetros oscilométricos apresentam uma maior sensibilidade em detectar broncoconstrição induzida pela metacolina do que o VEF<sub>1</sub> e são superior ao pico de fluxo expiratório (PFE) em detectar broncoconstrição ou broncodilatação<sup>33</sup>.

Em 55 indivíduos tabagistas assintomáticos foi encontrado um aumento na Fres e uma redução na X5Hz quando comparados aos não tabagistas(n=50) após o teste de broncoprovocação com metacolina e quando a resposta ao teste foi avaliada através da espirometria não foi observada diferença entre os dois grupos estudados, demonstrando que por meio da avaliação com o IOS foi possível observar alterações pulmonares que não podiam ser vistas pelo exame espirométrico durante o teste de broncoprovocação com metacolina<sup>34</sup>.

Um aumento de 40% na Rva avaliada através do IOS (considerado como resposta positiva a um agente broncoconstrictor<sup>35</sup>) ocorreu com doses menores de metacolina comparadas às doses necessárias para provocar 20% de redução no VEF<sub>1</sub> em 20 asmáticos estudados por Broeders et al<sup>36</sup>. Estes resultados sugerem que o IOS pode ser um método mais sensível e com menores riscos de se avaliar a hiperreatividade brônquica. Neste mesmo estudo os autores encontraram um maior estresse muscular respiratório durante a avaliação espirométrica.

Vinte e quatro crianças com sintomas de asma foram recrutadas para realizarem avaliação com a oscilometria e a espirometria antes e após um teste de esforço em bicicleta ergométrica durante 8 minutos. Os autores observaram que a Rva foi mais sensível em detectar alterações após o teste de exercício quando comparada aos parâmetros da espirometria<sup>37</sup>.

Através do IOS é possível complementar os dados da espirometria, especificadamente elucidando o comportamento das vias aéreas em regiões centrais ou periféricas do pulmão e com a ausência de manobras expiratórias forçadas.

## **1.6 SISTEMA DE OSCILOMETRIA DE IMPULSO VS PLESTIMOGRAFIA**

A plestimografia de corpo inteiro é considerada o exame padrão ouro para avaliar a resistência de vias aéreas e os volumes pulmonares, porém necessita de equipamentos relativamente caros e é realizada em ambiente claustrofóbico. O IOS pode ser utilizado como alternativa técnica para avaliação da função pulmonar em pacientes em quem se pretende avaliar a Rva ou a complacência pulmonar<sup>11</sup>.

A avaliação da resistência do sistema respiratório através do IOS apresenta uma boa correlação com a Rva mensurada pela plestimografia de corpo inteiro, porém esta

correlação é menor quando se utiliza a frequência de 5Hz (R5Hz) quando comparada à de 20Hz (R20Hz)<sup>1, 38</sup>.

Na avaliação da resposta do efeito broncodilatador em indivíduos saudáveis a plestimografia e o IOS foram capazes de detectar alterações quando administrada uma dose de 200µg de salbutamol, enquanto que, em pacientes com asma moderada a plestimografia detectou o efeito desta droga já com uma dose de 10µg e o IOS quando administrada uma dose maior que 20µg<sup>27</sup>. Em pacientes asmáticos quando submetidos ao uso do brometo de ipratrópio e avaliados pelo IOS e plestimografia de corpo inteiro está última também foi mais sensível, porém os autores ressaltam que a plestimografia só alcançou uma maior sensibilidade quando repetida 10 vezes ao invés de apenas três para cada paciente, pois assim podia-se obter uma menor variabilidade dos resultados<sup>26</sup>.

A plestimografia e o IOS foram testes mais sensíveis para detectar o efeito broncodilatador do brometo de tiotrópio em 30 indivíduos saudáveis quando comparados a espirometria. A variação da condutância de vias aéreas (Gva) foi de 18 a 26%, da Rva mensurada pelo IOS foi de 10 a 20%, enquanto o VEF<sub>1</sub> foi menor do que 10%, entretanto foram necessárias dez repetições da avaliação através da plestimografia para obter uma medida de Gva com menor variabilidade interpessoal, tornando este teste mais demorado<sup>39</sup>.

Galetke et al.<sup>9</sup> compararam a X5Hz medida através do IOS com a complacência medida através da técnica do balão esofágico em 31 homens jovens saudáveis. Foi observada uma significativa correlação entre estas duas medidas ( $r = 63$ ) e os autores sugerem que a técnica de IOS, não invasiva, poderia substituir a medida da complacência através da inserção de balão intra-esofágico na avaliação da elasticidade pulmonar.

## 2. APLICABILIDADE CLÍNICA

### 2.1 Avaliação na DPOC

A DPOC é uma condição clínica caracterizada pela obstrução progressiva do fluxo aéreo provocada por destruição do tecido pulmonar e conseqüente perda do suporte elástico brônquico. Em muitos pacientes há um componente bronquítico que também contribui significativamente para a obstrução. Embora este processo seja irreversível, a terapia com broncodilatadores melhora a função pulmonar em muitos pacientes<sup>40</sup>. A gravidade da limitação funcional destes indivíduos é melhor avaliada através da medida da Rva durante a respiração basal do que pelo VEF<sub>1</sub>, que exige manobras forçadas e pode resultar em alteração do tônus da musculatura brônquica ou ainda impor um maior estresse aos músculos respiratórios<sup>41</sup>.

Dellaca et al.<sup>42</sup> demonstraram que a X5Hz e a Fres foram parâmetros reprodutíveis capazes de detectar aumento da resistência de vias aéreas em indivíduos tabagistas quando comparado aos não fumantes. O IOS pode ser utilizado como uma ferramenta útil para o diagnóstico clínico precoce da DPOC e detectar alterações fisiopatológicas em tabagistas ainda na ausência do diagnóstico desta patologia, o que pode ajudar na prevenção e tratamento da doença<sup>43</sup>.

Em um trabalho realizado por Moreira et al.<sup>38</sup> no qual foi observado os resultados dos testes do IOS em pacientes com vários graus de obstrução pulmonar, incluindo um grupo controle e de tabagistas assintomáticos, a Fres, R5Hz e R20Hz foram associados com os parâmetros espirométricos (VEF<sub>1</sub>, fluxo expiratório forçado a 50% e a 75% da CVF, FEF50% e FEF75%, respectivamente) e capazes de separar os pacientes obstrutivos dos normais. Os valores da sensibilidade e especificidade foram, respectivamente, de 86% e 85% para VEF<sub>1</sub>, de 86% e 85% para a Fres, 85% e 75% para

R5Hz, 79% e 55% para R20Hz e de 85% e 79% para a diferença R5Hz-R20Hz. Observando-se um equilíbrio entre o VEF<sub>1</sub> e a Fres obtida pelo IOS.

Kolsum et al.<sup>11</sup> após avaliarem 94 pacientes com DPOC observaram que a R5Hz, a X5Hz e a Fres apresentaram uma associação significativa com o VEF<sub>1</sub> obtido pela espirometria e com a sGva, CPT, VR e CI obtidas através da plestimografia de corpo inteiro. Desta forma é possível utilizar o IOS como uma técnica de avaliação alternativa e complementar, principalmente nos pacientes com dificuldade para realizar a espirometria.

Ao estudar um grupo de 15 pacientes com DPOC e 23 indivíduos sem doença pulmonar, Kubota et al.<sup>44</sup> demonstraram que os parâmetros do IOS avaliados durante a inspiração apresentaram uma menor variação quando comparados à avaliação durante a fase expiratória da respiração. Estes autores recomendam que as medidas da oscilometria sejam tomadas durante a inspiração para evitar os efeitos da compressão dinâmica das vias aéreas durante a expiração. Torna-se imperativo, portanto, que em pesquisas clínicas haja padronização da medida na inspiração para evitar possíveis viéses.

Na pesquisa de On et al.<sup>45</sup> foi observado um aumento da R5Hz quando os pacientes com DPOC foram induzidos a respirar ar seco e frio mostrando que também estes pacientes, não só os asmáticos, apresentam obstrução brônquica a este tipo de estímulo, o que pode ser relevante em lugares de clima frio. Neste mesmo artigo, foi verificado que o brometo de ipratrópio era capaz de reverter esta obstrução.

Muitas vezes, pacientes com DPOC referem melhora na sensação de dispnéia após uso de medicação broncodilatadora, sem a correspondente melhora no VEF<sub>1</sub>. Este fenômeno pode ser explicado pela baixa sensibilidade desta medida em detectar uma resposta.

Borril et al.<sup>13</sup> avaliaram os efeitos do tiotrópio e do salmeterol em 32 pacientes com DPOC através da espirometria, plestimografia e do IOS. O tiotrópio (que tem ação broncodilatadora de 24 horas) apresentou melhores resultados na redução da R5Hz e da Fres quando comparado ao salmeterol (que tem ação por 12 horas) entre 12 e 24 horas após a administração destas drogas. Esta superioridade do tiotrópio não foi identificada pela variação do VEF<sub>1</sub>.

Embora ocorra um aumento na complacência pulmonar em pacientes com DPOC devido à destruição intersticial das fibras de elastina, a X5Hz apresenta-se mais negativa (menor complacência) por estar associada com a complacência de todo o sistema respiratório e não apenas aos pulmões. Devido à hiperinsulflação dinâmica encontrada nestes pacientes, o diafragma encontra-se em desvantagem mecânica (aplanado) o que leva à necessidade de uma maior contração muscular (maior variação de pressão alveolar) para um dado volume corrente, ou seja, uma menor complacência do sistema respiratório como um todo<sup>11</sup>.

Estes dados sugerem que os parâmetros do IOS (R5Hz, X5Hz e Fres) são capazes de avaliar a magnitude da limitação do fluxo aéreo, além de detectar disfunções pulmonares mais precocemente e avaliar a resposta ao tratamento de forma mais simples e sensível que a espirometria nos pacientes com DPOC<sup>11</sup>.

## **2.2 Avaliação na asma**

A asma é caracterizada por um processo de inflamação crônica e hiperresponsividade brônquica. O processo inflamatório atinge não apenas as grandes vias aéreas, mas também bronquíolos e até as paredes alveolares<sup>46-47</sup>.

Um grande problema da avaliação espirométrica em pacientes asmáticos é a característica de ser esforço dependente, necessitando da cooperação do paciente. A

IOS pode ser um método alternativo para avaliação e diagnóstico de obstrução brônquica neste grupo de indivíduo<sup>48-49</sup>.

A espirometria está indicada a partir dos seis anos de idade<sup>50-51</sup>, enquanto o IOS pode ser realizado em crianças menores, permitindo não apenas o diagnóstico mas também a avaliação da eficácia dos medicamentos e do tratamento nestes pacientes<sup>25</sup>. Trinta e três crianças asmáticas com idade entre 3 e 6 anos foram submetidas ao teste de broncodilatação com salbutamol utilizando-se o IOS. A R5Hz foi o parâmetro do IOS mais reprodutível e correlacionado com a espirometria e plestimografia de corpo inteiro, também demonstrou ser bem aceito pelas crianças com esta faixa etária<sup>52</sup>. Malmberg et al.<sup>53</sup> também foi capaz de identificar uma resposta broncodilatadora com salbutamol em crianças asmáticas com faixa etária similar (dois a sete anos).

Na tentativa de quantificar a distensibilidade brônquica através do IOS, Brown et al.<sup>54</sup> avaliaram a variação da Resistência do Sistema Respiratório a 6Hz (R6Hz) desde o nível da inspiração máxima (CPT) até o volume de equilíbrio das forças elásticas pulmonares e torácicas (CRF). Eles observaram que os indivíduos com asma apresentaram uma variação da R6Hz (distensibilidade) menor quando comparados aos indivíduos normais ( $0,21 \pm 0,08$  e  $0,44 \pm 0,08 \text{ cmH}_2\text{O/l/seg}$ , respectivamente).

Em alguns pacientes asmáticos o remodelamento brônquico conseqüente à inflamação crônica pode resultar em obstrução irreversível, especialmente a nível de pequenas vias aéreas, alterando também sua distensibilidade<sup>55</sup>, que também pode ser avaliada pela alteração no seu calibre em relação a variação do volume pulmonar. Quando a variação do calibre é pequena para um dado aumento no volume significa que a distensibilidade da via aérea está reduzida. Esta alteração fisiopatológica da asma foi inicialmente avaliada através do método de eliminação do nitrogênio (nitrogen

washout), que estima a distensibilidade das vias aéreas a partir da variação do volume do espaço morto anatômico ( $\Delta V D_t$ ) em dois níveis do volume pulmonar (CRF e CPT)<sup>56</sup>.

A avaliação da distensibilidade brônquica através do método da eliminação do nitrogênio é bastante complexo e a oscilometria tem se demonstrando uma ferramenta simples de avaliação com uma boa perspectiva nesta questão<sup>14</sup>. Brown et al.<sup>14</sup> realizaram medidas da Rsr através do IOS em sete indivíduos (4 normais e 3 asmáticos) ao nível da CRF e da CPT e observaram uma variação da condutância das vias aéreas (Gva, recíproca da Rva medida pela oscilometria) entre 0,06 e 0,19 l/seg/cmH<sub>2</sub>O. Essa variação na Gva ( $\Delta Gva=0,13$ ) está relacionada com o calibre da árvore brônquica e apresenta uma significativa correlação com a distensibilidade brônquica medida através do método de eliminação do nitrogênio.

Yaegashi et al.<sup>32</sup> avaliaram 126 pacientes com asma e encontraram uma maior acurácia e sensibilidade com os parâmetros da oscilometria (R5Hz e R5Hz-R20Hz) em detectar a resposta broncodilatadora do pirbuterol(0,2mg) quando comparados aos valores do VEF<sub>1</sub> obtidos pela espirometria.

O IOS foi mais sensível em observar o efeito broncodilatador do montelucaste oral em 23 crianças asmáticas após 4 semanas comparado com a espirometria forçada convencional, além disso mostrou um efeito maior no primeiro mês de uso desta medicação em vias aéreas periféricas, o que pode ter importância clínica, já que os medicamentos inalados atingem principalmente as vias aéreas mais centrais<sup>57</sup>.

Parâmetros do IOS como a R5Hz e a Fres relacionam-se com as vias aéreas de regiões pulmonares periféricas e são capazes de diferenciar pacientes com e sem hiperresponsividade brônquica após hiperventilação voluntária eucápnica (HVE). A redução destes parâmetros do IOS foi associada com a redução do VEF<sub>1</sub>, podendo ser

utilizados para substituir a espirometria durante a avaliação da obstrução brônquica em testes de broncoprovocação como a HVE<sup>58</sup>.

Outro potencial uso do IOS é na avaliação da Rva de pacientes com broncoespasmo induzidos pelo exercício (BIE). A redução na X5Hz foi significativamente correlacionada com a redução no VEF<sub>1</sub> ( $r = -0,43$ ) e FEF50% ( $r = -54$ ), respectivamente durante o teste de exercício em temperatura ambiente<sup>59</sup>. Cento e trinta crianças com sintomas alérgicos (sibilância nos últimos doze meses prévio a pesquisa) que não faziam uso de medicamentos para asma no momento da avaliação foram comparadas com 79 não asmáticas, todas com idades entre três e sete anos, utilizando o IOS antes e após “teste de corrida livre”<sup>60</sup>. Neste estudo foi observado um aumento significativo (35%) na R5Hz apenas no grupo de crianças com sintomas alérgicos (73% com teste alérgico cutâneo positivo e 58% com rinite alérgica).

Em asmáticos virgens de corticóide, Yamaguchi et al.<sup>61</sup> compararam o efeito do tratamento com 200mcg de beclometasona propelida por HFA (capaz de produzir partículas ultrafinas e de chegar nas vias aéreas mais periféricas) com 400mcg da mesma droga utilizando CFC (gerador de partículas maiores, com deposição mais central). A medida da resistência das vias aéreas periféricas (R5Hz–R20Hz) foi capaz de detectar uma melhora progressiva e estatisticamente significativa após 12 semanas de tratamento com a Beclometasona-HFA. Os outros índices avaliados através da oscilometria e da espirometria não foram capazes de detectar este efeito.

O IOS vem se tornando uma forma alternativa para avaliação das alterações na mecânica respiratória em pacientes asmáticos por ser uma técnica relativamente fácil de executar, indicado para crianças acima de dois anos de idade, por não carecer de manobras expiratórias forçadas que poderiam alterar o tônus brônquico e pelo seu potencial para identificar resposta broncodilatadora ou broncoconstrictoras após testes

de avaliação específicos nestes pacientes. Além disso, tem se mostrado uma ferramenta importante para avaliar a distensibilidade brônquica que pode está alterada na asma<sup>14, 33, 36, 57-60, 62</sup>.

### **2.3 Avaliação nos distúrbios neurológicos**

Os pacientes neurológicos com déficit de cognição ou incapazes de realizar manobras expiratórias forçadas apresentam limitação na avaliação da função pulmonar por meio da espirometria e da plestimografia. Nestes pacientes a TOF torna-se uma ferramenta importante para avaliação da resistência de vias aéreas e das propriedades elásticas do sistema respiratório. Após um relato de caso que despertou o interesse pelo uso da TOF em pacientes com lesão neurológica<sup>63</sup>, Horan et al.<sup>21</sup> utilizaram esta técnica para avaliar a repercussão do procedimento de dilatação da traqueoestenose por via broncoscópica em dez pacientes com lesão nervosa central com uso prévio de traqueóstomo e encontraram uma forte correlação negativa entre o diâmetro da traquéia e os valores de R5Hz e da Fres ( $r = -0,87$  e  $-0,89$ , respectivamente).

A oscilometria pode representar um método para avaliar aspectos da função pulmonar neste tipo de pacientes, que, de outra forma, não poderiam ser estudados, podendo contribuir para o diagnóstico e avaliação de tratamento de doenças respiratórias.

### **2.4 Avaliação na Fibrose Cística**

O comprometimento pulmonar na fibrose cística apresenta-se no início da infância e é caracterizada por um processo infeccioso e inflamatório persistente que contribuem para os sintomas de desconforto respiratório. Estes pacientes apresentam alterações na estrutura das vias aéreas<sup>64</sup>. Os parâmetros do IOS apresentam-se alterados

e correlacionam-se com o processo inflamatório nestes pacientes mesmo na ausência de sintomas respiratórios<sup>65</sup>.

Gangell et al.<sup>66</sup> observaram um aumento na Rva em crianças com fibrose cística com sintomatologia respiratória comparadas às que não apresentavam sintomas. Os autores relataram que o teste do IOS foi facilmente realizado por estas crianças cujas idades variaram entre dois e sete anos. Estudos futuros são necessários para avaliar qual o significado clínico destas alterações em crianças com fibrose cística assintomáticas<sup>34</sup>.

Os parâmetros da espirometria (VEF<sub>1</sub> e o Fluxo expiratório forçado médio - FEF<sub>25-75%</sub>) relacionaram-se com a R5Hz e a Fres obtidas através do IOS em 15 pacientes com diagnóstico de fibrose cística<sup>67</sup>. Estas associações também foram encontradas por Villa Acensi et al.<sup>68</sup> após realizarem testes espirométricos e através do IOS em 24 pacientes diagnosticados com esta patologia.

Embora as pesquisas citadas nos últimos parágrafos tenham demonstrado associação entre os parâmetros do IOS e da espirometria, não há um consenso na literatura sobre esta associação. Outros trabalhos tem apresentado uma pobre correlação entre estes testes nesta patologia ao contrário do que ocorre na asma<sup>35,69</sup>, a explicação para essa discordância pode estar relacionada com as alterações nas propriedades elásticas da parede brônquica e devem ser elucidadas em pesquisas futuras<sup>6</sup>.

## **2.5 Avaliações em doenças ocupacionais**

Em algumas doenças ocupacionais como silicose, abestose, antracose, bagaçose e em trabalhadores expostos a outros tipos de agressões, a oscilometria pode complementar os dados obtidos da espirometria, observando as alterações em vias aéreas centrais ou periféricas e, possivelmente, em estágios iniciais da doença, quando a espirometria for incapaz em detectar alterações.

Após a instalação de um forno elétrico em uma usina siderúrgica no sul da Bélgica, 57 trabalhadores expostos referiram sintomas de febre, calafrio, dor articular e muscular após trabalharem próximo ao forno. Havia a suspeita de que estes indivíduos pudessem ter inalado partículas de óxido de zinco e foram submetidos a uma avaliação pulmonar através da TOF e espirometria. Foi observada uma maior Rva nos pacientes expostos quando comparados àquela de 55 trabalhadores não expostos ao forno durante o turno de trabalho. Esta diferença também foi encontrada na medida do VEF<sub>1</sub>. Os autores concluíram que a TOF foi tão sensível quanto a espirometria em detectar alterações respiratórias neste grupo de pacientes<sup>70</sup>.

Mesquita Júnior et al.<sup>71</sup> estudaram a Rva em 10 indivíduos normais e 30 com silicose, sem história de tabagismo. Eles dividiram os pacientes em grupos de acordo com o grau de disfunção pulmonar avaliado pela espirometria: 7 com exame normal, 10 com obstrução leve, 8 com obstrução moderada e 5 com obstrução grave. Houve um aumento progressivo da Rva conforme a gravidade da doença. A Rva estava aumentada mesmo em indivíduos expostos com espirometria normal comparados ao grupo controle, mostrando alterações em vias aéreas em estágio inicial da doença.

Após a avaliação da função pulmonar de noventa e seis trabalhadores envolvidos com resgate, recuperação e limpeza das áreas atingidas pelo desastre do World Trade Center em 11 de setembro de 2001, 64 destes indivíduos foram submetidos a avaliação através do IOS que identificou disfunção em 34(53%), enquanto a espirometria sugeriu obstrução em apenas 11(17%)<sup>72</sup>.

Contraditoriamente uma pesquisa realizada com 99 indivíduos expostos ao mesmo desastre após seis anos do episódio, comparados a 149 não expostos, não mostrou diferenças na Rva medida através do IOS entre os dois grupos, apesar dos

indivíduos expostos apresentarem mais episódios de desconforto respiratório e bronquite crônica nos 12 meses precedentes à avaliação<sup>73</sup>.

Em indivíduos com maior comprometimento pulmonar devido à silicose a complacência do sistema respiratório medida através da oscilometria foi menor comparado aos pacientes com menor lesão intersticial<sup>74</sup>. Este parâmetro foi o que melhor se correlacionou com os achados tomográficos nestes pacientes e pode ser utilizado como dado adicional para o acompanhamento da doença.

Em 71 homens trabalhadores em minas de carvão com pneumoconiose (com queixas respiratórias como tosse, presença de secreção traqueobrônquica e dispnéia e achados radiográficos compatível com a doença) foi observada uma maior Rva medida pelo IOS quando comparados a 36 indivíduos normais, esta alteração ocorreu mesmo no grupo de pacientes que apresentaram um VEF<sub>1</sub> normal, sugerindo ser este um instrumento precoce na detecção das alterações nestes indivíduos<sup>75</sup>.

## **2.6 Avaliação em doenças intersticiais**

A limitação da distensibilidade do sistema respiratório em pacientes com fibrose pulmonar pode ser avaliada através da redução na X5Hz, algumas pesquisas tem demonstrado alterações neste parâmetro do IOS em estágios iniciais das doenças restritivas<sup>6,76</sup>.

Faria et al.<sup>77</sup> observaram aumento na Rva e redução da complacência do sistema respiratório em pacientes com sarcoidose através da oscilometria. As alterações encontradas são compatíveis com a fisiopatologia da doença e foram correlacionadas com os dados da espirometria.

Em pacientes com cifo-escoliose e com espondilite anquilosante houve aumento da Rva e redução na X5Hz associado com uma maior gravidade dos distúrbio restritivos apresentados durante a avaliação espirométrica e com a redução na CPT<sup>78</sup>.

Vinte e três pacientes com insuficiência cardíaca crônica (ICC) apresentaram redução na X5Hz(-0,16 x -0,09 kPa/l/seg) e um aumento na R5Hz (0,44 x 0,30 kPa/l/seg) quando comparados a 18 indivíduos normais no estudo realizado por Witte et al<sup>79</sup>. Estes resultados sugerem que o IOS é capaz de detectar aumento na Rva devido a congestão brônquica e redução na reatância (consistente com a redução da complacência pulmonar) devido ao edema intersticial encontrado em pacientes com ICC. Os autores também realizaram teste ergoespirométrico nestes indivíduos e encontraram correlações significativas entre os parâmetros do IOS com a redução no consumo de oxigênio de pico (VO<sub>2</sub>pico), sendo a maior correlação encontrada com a Fres (r=0,51).

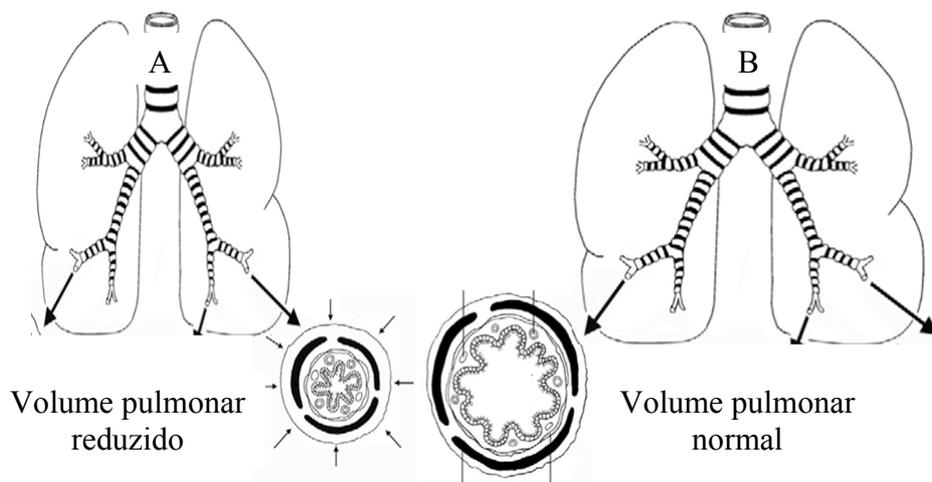
## 2.7 Avaliação na obesidade

A obesidade está associada com diversas co-morbidades como diabetes<sup>80</sup>, hipertensão<sup>81</sup> e disfunção vascular<sup>82</sup>.

O acúmulo de tecido adiposo extra na cavidade abdominal e na caixa torácica comprime os pulmões, o diafragma e o gradil costal, levando a redução da complacência (distensibilidade) do sistema respiratório e da parede torácica e um aumento na pressão de recolhimento elástico destas estruturas, o que resulta na redução do volume pulmonar e aumento na sobrecarga dos músculos inspiratórios<sup>83</sup>. Todas estas alterações acarretam em redução da força e resistência dos músculos respiratórios, redução nas trocas gasosas, no controle da respiração (devido à hipoxemia e hipercapnia crônica que podem ser desenvolvidas) e na capacidade de exercício deste pacientes<sup>84-85</sup>.

O desequilíbrio das forças que matem a patência da faringe durante o sono e o acúmulo de tecido adiposo nesta região propicia o desenvolvimento da síndrome da apnéia e da hipopnéia obstrutiva do sono (SAHOS), encontrada em 60 a 90% das pessoas com índice de massa corporal (IMC)  $> 29\text{Kg/m}^2$ , podendo levar a hipoxemia crônica, policitemia, hipertensão pulmonar e insuficiência ventricular direita, ou seja, *cor pulmonale*<sup>86-87</sup>.

A redução dos volumes pulmonares em pacientes obesos pode levar a redução da tração elástica nos brônquios, reduzindo seu diâmetro e aumentando a resistência à passagem do ar nesta região<sup>88</sup> (fig. 8). Outros fatores que podem contribuir para o aumento da Rva são o acúmulo de gordura na região do pescoço, a redução do tônus dos músculos abdutores da faringe e a hiperreatividade brônquica que pode ocorrer nestes indivíduos devido à presença de mediadores inflamatórios, como a leptina, cuja produção está aumentada pelas células do tecido adiposo<sup>86, 88-89</sup>.



**Fig. 8** – Relação entre a redução do volume pulmonar (A) e estreitamento das vias aéreas

Dados da espirometria mostram uma redução na CRF e no volume de reserva expiratório em indivíduos obesos. Entretanto o efeito da obesidade nos volumes pulmonares extremos, CPT e VR, são modestos. Alguns estudos mostram uma

associação entre o aumento do IMC com a redução da CPT, porém a redução é pequena e os valores se encontram acima do limite inferior de normalidade. O  $VEF_1$  e a CVF estão reduzidos na obesidade, porém sem significância clínica e a redução destes parâmetros ocorre na mesma extensão, não sendo observadas reduções significativas nos valores da relação  $VEF_1$  e CVF ( $VEF_1/CVF$ )<sup>90-92</sup>.

Foi observada uma correlação ( $r^2 = 0,13$ ) negativa entre o IMC e a medida da Rva por pletismografia em 276 indivíduos jovens (28-30 anos) obesos<sup>89</sup>. Neste estudo foi observado que esta correlação foi mais forte nos homens quando comparados às mulheres, provavelmente devido à diferença na distribuição de tecido adiposo entre os sexos.

Lin et al.<sup>93</sup> observaram a função pulmonar de 14 indivíduos obesos ( $IMC > 35\text{kg/m}^2$ ) com SAHOS, dos quais seis apresentavam normocapnia e oito hipercapnia, através do IOS e verificaram um aumento da Rva apenas na posição supina nos pacientes com normocapnia e em ambas posições (supina e sentada) nos obesos com hipercapnia quando comparados aos indivíduos normais ( $n=20$ ), e estas alterações não mostram que os obesos com normocapnia apresentam obstrução em vias aéreas apenas durante o sono na posição supina. Watson e Pride<sup>94</sup> observaram um aumento da Rva, mensurada através da oscilometria, duas vezes maior em obesos ( $IMC > 30\text{ kg/m}^2$ ) em relação a indivíduos normais, tanto na posição sentando quanto supina. Estes trabalhos podem mostrar que o IOS apresenta um potencial que deve ser explorado durante a avaliação e tratamento em pacientes obesos que apresentam SAHOS.

No estudo de Nicolakakis et al.<sup>95</sup> foram comparados quatro grupos de pacientes: normais, asmáticos, obesos e os obesos asmáticos. Em todos os indivíduos com asma (asmáticos e obesos asmáticos) foi observada uma redução da Gva (recíproca da Rva) corrigida pelo volume pulmonar (condutância de vias aérea específica -  $Gva_{esp}$ ).

Enquanto nos indivíduos que não tinham asma (obesos ou não) a  $Gva_{esp}$  permaneceu inalterada. Este achado sugere que as alterações das vias aéreas em obesos devem-se principalmente à redução do volume e não por alterações nas paredes brônquicas. Porém outras pesquisas mostraram aumento na Rva mesmo após a correção pelo ajuste do volume pulmonar<sup>89, 94</sup>.

A variação da R5Hz após a administração de metacolina possui uma forte correlação com o IMC, sugerindo uma associação entre a obesidade com a hiperresponsividade brônquica<sup>96</sup>. Para tentar elucidar se a obstrução das vias aéreas ocorre devido à hiperresponsividade brônquica ou à redução do calibre brônquico devido à redução da CFR em obesos, Salome et al.<sup>97</sup> utilizaram teste com a metacolina em 33 obesos ( $IMC \pm 30 kg/m^2$ ) e em 26 não obesos. Não houve diferença entre os grupos em relação ao  $VEF_1$ , CVF e  $VEF_1/CVF$ , porém foi encontrada uma maior Rva medida pelo IOS em obesos comparados aos não obesos (158,1 x 121,0% do predito,  $p=0,02$ ). A resposta máxima à droga não variou entre os dois grupos, entretanto os obesos apresentaram uma maior sensação de dispnéia (avaliada através do índice de percepção de dispnéia de Borg) que foi associada a uma maior Rva medida pelo IOS, indicando um possível estreitamento adicional das vias aéreas devido aos baixos volumes pulmonares.

Zerah et al.<sup>98</sup> avaliaram a Rva através da oscilometria em três grupos de obesos classificados em obesidade mínima (IMC de 25 a  $29 kg/m^2$ ), obesidade moderada (IMC entre 30 e  $40 kg/m^2$ ) e obesidade mórbida (IMC  $> 40 kg/m^2$ ). Foi observado um aumento na Rva nos grupos obesidade mórbida e moderada quando comparado ao grupo obesidade mínima. Enquanto no trabalho de Lin et al.<sup>93</sup> não foi observada diferença na Rva entre pacientes com IMC  $> 35 kg/m^2$  comparados aqueles com IMC  $< 35 kg/m^2$ , tanto na posição sentada quanto supina.

Não foi avaliado nestas pesquisas como os vários graus do IMC podem afetar especificadamente a resistência de vias aéreas periféricas e se em pacientes apenas com sobrepeso já ocorrem alterações nestes parâmetros. Como os sintomas respiratórios de pacientes obesos podem estar ou não associados com as alterações fisiopatológicas da árvore brônquica, torna-se importante a realização de um estudo controlado que observe qual o comportamento da Rva periféricas em indivíduos com vários graus de obesidade.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sistema de oscilometria de impulso apresenta como maiores vantagens a não realização de manobras respiratórias forçadas e necessidade mínima de cooperação do paciente. Além disso, é capaz de avaliar a resistência de vias aéreas de forma regionalizada.

A avaliação da mecânica do sistema respiratório em algumas patologias através desta técnica tem sido útil no diagnóstico clínico e acompanhamento terapêutico, algumas vezes com maior sensibilidade quando comparada a outras técnicas de avaliação, principalmente a espirometria. Acreditamos que com a realização de mais pesquisas em situações específicas e disseminação do conhecimento, o IOS se tornará, em breve, um importante e rotineiro meio de avaliação do aparelho respiratório.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hellinckx J, Cauberghs M, De Boeck K, Demedts M. Evaluation of impulse oscillation system: comparison with forced oscillation technique and body plethysmography. *Eur Respir J*. 2001 Set;18(3):564-70.
2. Boccaccino A, Peroni DG, Pietrobelli A, Piacentini GL, Aversano MP, Spinosa E, et al. Forced oscillometry is applicable to epidemiological settings to detect asthmatic children. *Allergy Asthma Proc*. 2007 Mar-Abr;28(2):170-3.
3. Dubois AB, Brody AW, Lewis DH, Burgess BF, Jr. Oscillation mechanics of lungs and chest in man. *J Appl Physiol*. 1956 Mai;8(6):587-94.
4. Melo P, Werneck M, Giannella-neto A. Avaliação de mecânica ventilatória por oscilações forçadas: fundamentos e aplicações clínicas. *Jornal de Pneumologia*. 2000;26(4):194-206.
5. Vogel J, Schmidt U. Impulse oscillometry: analysis of lung mechanics in general practice and the clinic, epidemiological and experimental research. Frankfurt;1994.
6. Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, Farre R, Hantos Z, Desager K, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. *Eur Respir J*. 2003 Dez;22(6):1026-41.
7. Goldman MD, Saadeh C, Ross D. Clinical applications of forced oscillation to assess peripheral airway function. *Respir Physiol Neurobiol*. 2005 Ago 25;148(1-2):179-94.
8. Smith H, Reinhold P, Goldaman M. Forced oscillation technique and impulse oscillometry. *Eur Respir Mon*. 2005;31:72-105.
9. Galetke W, Randerath WJ, Feier C, Muth T, Borsch-Galetke E. Esophageal pressure method and impulse oscillometry to assess mechanical properties of the respiratory system in healthy men. *Med Sci Monit*. 2009 Ago;15(8):CR429-35.
10. Witte KK, Morice A, Cleland JG, Clark AL. The reversibility of increased airways resistance in chronic heart failure measured by impulse oscillometry. *J Card Fail*. 2004 Abr;10(2):149-54.
11. Kolsum U, Borrill Z, Roy K, Starkey C, Vestbo J, Houghton C, et al. Impulse oscillometry in COPD: identification of measurements related to airway obstruction, airway conductance and lung volumes. *Respir Med*. 2009 Jan;103(1):136-43.
12. Clark KD, Wardrobe-Wong N, Elliott JJ, Gill PT, Tait NP, Snashall PD. Patterns of lung disease in a "normal" smoking population: are emphysema and airflow obstruction found together? *Chest*. 2001 Set;120(3):743-7.
13. Borrill ZL, Houghton CM, Tal-Singer R, Vessey SR, Faiferman I, Langley SJ, et al. The use of plethysmography and oscillometry to compare long-acting bronchodilators in patients with COPD. *Br J Clin Pharmacol*. 2008 Fev;65(2):244-52.
14. Brown NJ, Thorpe CW, Thompson B, Berend N, Downie S, Verbanck S, et al. A comparison of two methods for measuring airway distensibility: nitrogen washout and the forced oscillation technique. *Physiol Meas*. 2004 Ago;25(4):1067-75.
15. Frei J, Jutla J, Kramer G, Hatzakis GE, Ducharme FM, Davis GM. Impulse oscillometry: reference values in children 100 to 150 cm in height and 3 to 10 years of age. *Chest*. 2005 Set;128(3):1266-73.
16. Newbury W, Crockett A, Newbury J. A pilot study to evaluate Australian predictive equations for the impulse oscillometry system. *Respirology*. 2008 Nov;13(7):1070-5.

17. Hall GL, Sly PD, Fukushima T, Kusel MM, Franklin PJ, Horak F, Jr., et al. Respiratory function in healthy young children using forced oscillations. *Thorax*. 2007 Jun;62(6):521-6.
18. Shiota S, Katoh M, Fujii M, Aoki S, Matsuoka R, Fukuchi Y. Predictive equations and the reliability of the impulse oscillatory system in Japanese adult subjects. *Respirology*. 2005 Jun;10(3):310-5.
19. Johnson MK, Birch M, Carter R, Kinsella J, Stevenson RD. Use of reactance to estimate transpulmonary resistance. *Eur Respir J*. 2005 Jun;25(6):1061-9.
20. Guo YF, Herrmann F, Michel JP, Janssens JP. Normal values for respiratory resistance using forced oscillation in subjects >65 years old. *Eur Respir J*. 2005 Oct;26(4):602-8.
21. Horan T, Mateus S, Beraldo P, Araujo L, Urschel J, Urmenyi E, et al. Forced oscillation technique to evaluate tracheostenosis in patients with neurologic injury. *Chest*. 2001 Jul;120(1):69-73.
22. Bar-Yishay E, Matyashchuk E, Mussaffi H, Mei-Zahav M, Prais D, Hananya S, et al. Use of the forced oscillation technique to detect bronchodilation in children: experience from the Schneider Children's Medical Center of Israel. *Isr Med Assoc J*. 2009 Abr;11(4):198-200.
23. Kanda S, Fujimoto K, Komatsu Y, Yasuo M, Hanaoka M, Kubo K. Evaluation of respiratory impedance in asthma and COPD by an impulse oscillation system. *Intern Med*. 2010;49(1):23-30.
24. Bohadana AB, Peslin R, Megherbi SE, Teculescu D, Sauleau EA, Wild P, et al. Dose-response slope of forced oscillation and forced expiratory parameters in bronchial challenge testing. *Eur Respir J*. 1999 Fev;13(2):295-300.
25. Marotta A, Klinnert MD, Price MR, Larsen GL, Liu AH. Impulse oscillometry provides an effective measure of lung dysfunction in 4-year-old children at risk for persistent asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 2003 Ago;112(2):317-22.
26. Houghton CM, Woodcock AA, Singh D. A comparison of plethysmography, spirometry and oscillometry for assessing the pulmonary effects of inhaled ipratropium bromide in healthy subjects and patients with asthma. *Br J Clin Pharmacol*. 2005 Fev;59(2):152-9.
27. Houghton CM, Woodcock AA, Singh D. A comparison of lung function methods for assessing dose-response effects of salbutamol. *Br J Clin Pharmacol*. 2004 Ago;58(2):134-41.
28. Borrill ZL, Houghton CM, Woodcock AA, Vestbo J, Singh D. Measuring bronchodilation in COPD clinical trials. *Br J Clin Pharmacol*. 2005 Abr;59(4):379-84.
29. Lavorini F. Quantifying bronchodilator responses in chronic obstructive pulmonary disease trials. *Br J Clin Pharmacol*. 2005 Abr;59(4):385-6.
30. Van Noord JA, Smeets J, Clement J, Van de Woestijne KP, Demedts M. Assessment of reversibility of airflow obstruction. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994 Ago;150(2):551-4.
31. Zerah F, Lorino AM, Lorino H, Harf A, Macquin-Mavier I. Forced oscillation technique vs spirometry to assess bronchodilatation in patients with asthma and COPD. *Chest*. 1995 Jul;108(1):41-7.
32. Yaegashi M, Yalamanchili VA, Kaza V, Weedon J, Heurich AE, Akerman MJ. The utility of the forced oscillation technique in assessing bronchodilator responsiveness in patients with asthma. *Respir Med*. 2007 Mai;101(5):995-1000.
33. Vink GR, Arets HG, van der Laag J, van der Ent CK. Impulse oscillometry: a measure for airway obstruction. *Pediatr Pulmonol*. 2003 Mar;35(3):214-9.

34. Kohlhauf M, Brand P, Scheuch G, Schulz H, Haussinger K, Heyder J. Impulse oscillometry in healthy nonsmokers and asymptomatic smokers: effects of bronchial challenge with methacholine. *J Aerosol Med.* 2001;14(1):1-12.
35. Hellinckx J, De Boeck K, Demedts M. No paradoxical bronchodilator response with forced oscillation technique in children with cystic fibrosis. *Chest.* 1998 Jan;113(1):55-9.
36. Broeders ME, Molema J, Hop WC, Folgering HT. Bronchial challenge, assessed with forced expiratory manoeuvres and airway impedance. *Respir Med.* 2005 Ago;99(8):1046-52.
37. Timonen KL, Randell JT, Salonen RO, Pekkanen J. Short-term variations in oscillatory and spirometric lung function indices among school children. *Eur Respir J.* 1997 Jan;10(1):82-7.
38. Moreira M, Dalcin P, Barreto S. A Contribuição da Oscilometria de Impulso na Obstrução das Vias Aéreas (Dissertação). Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2005.
39. Singh D, Tal-Singer R, Faiferman I, Lasenby S, Henderson A, Wessels D, et al. Plethysmography and impulse oscillometry assessment of tiotropium and ipratropium bromide; a randomized, double-blind, placebo-controlled, cross-over study in healthy subjects. *Br J Clin Pharmacol.* 2006 Abr;61(4):398-404.
40. Gelb AF, Hogg JC, Muller NL, Schein MJ, Kuei J, Tashkin DP, et al. Contribution of emphysema and small airways in COPD. *Chest.* 1996 Fev;109(2):353-9.
41. Boni E, Corda L, Franchini D, Chirolu P, Damiani GP, Pini L, et al. Volume effect and exertional dyspnoea after bronchodilator in patients with COPD with and without expiratory flow limitation at rest. *Thorax.* 2002 Jun;57(6):528-32.
42. Dellaca RL, Santus P, Aliverti A, Stevenson N, Centanni S, Macklem PT, et al. Detection of expiratory flow limitation in COPD using the forced oscillation technique. *Eur Respir J.* 2004 Fev;23(2):232-40.
43. Faria AC, Lopes AJ, Jansen JM, Melo PL. Evaluating the forced oscillation technique in the detection of early smoking-induced respiratory changes. *Biomed Eng Online.* 2009;8:22.
44. Kubota M, Shirai G, Nakamori T, Kokubo K, Masuda N, Kobayashi H. Low frequency oscillometry parameters in COPD patients are less variable during inspiration than during expiration. *Respir Physiol Neurobiol.* 2009 Abr 30;166(2):73-9.
45. On LS, Boonyongsunchai P, Webb S, Davies L, Calverley PM, Costello RW. Function of pulmonary neuronal M(2) muscarinic receptors in stable chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001 Mai;163(6):1320-5.
46. Hamid Q, Tulic MK. New insights into the pathophysiology of the small airways in asthma. *Ann Thorac Med.* 2007 Jan;2(1):28-33.
47. Martin RJ. Therapeutic significance of distal airway inflammation in asthma. *J Allergy Clin Immunol.* 2002 Fev;109(2 Suppl):S447-60.
48. Song TW, Kim KW, Kim ES, Park JW, Sohn MH, Kim KE. Utility of impulse oscillometry in young children with asthma. *Pediatr Allergy Immunol.* 2008 Dez;19(8):763-8.
49. Park JW, Lee YW, Jung YH, Park SE, Hong CS. Impulse oscillometry for estimation of airway obstruction and bronchodilation in adults with mild obstructive asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2007 Jun;98(6):546-52.
50. Ladosky W AR, Loureiro NG, Botelho MAM. Comparação entre os valores teóricos para alguns dados espirométricos em crianças determinados pelas equações de Mallozi e de Polgar. *Jornal de Pneumologia.* 2002;28:125-30.

51. Patrocinio DA. Espirometria na infância. *Rev Cienc Méd.* 1997 Mai-Dez;6:81-4.
52. Olaguibel JM, Alvarez-Puebla MJ, Anda M, Gomez B, Garcia BE, Tabar AI, et al. Comparative analysis of the bronchodilator response measured by impulse oscillometry (IOS), spirometry and body plethysmography in asthmatic children. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2005;15(2):102-6.
53. Malmberg LP, Pelkonen A, Poussa T, Pohjanpalo A, Haahtela T, Turpeinen M. Determinants of respiratory system input impedance and bronchodilator response in healthy Finnish preschool children. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2002 Jan;22(1):64-71.
54. Brown NJ, Salome CM, Berend N, Thorpe CW, King GG. Airway distensibility in adults with asthma and healthy adults, measured by forced oscillation technique. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007 Jul 15;176(2):129-37.
55. Ward C, Johns DP, Bish R, Pais M, Reid DW, Ingram C, et al. Reduced airway distensibility, fixed airflow limitation, and airway wall remodeling in asthma. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001 Nov 1;164(9):1718-21.
56. Wilson JW, Li X, Pain MC. The lack of distensibility of asthmatic airways. *Am Rev Respir Dis.* 1993 Set;148(3):806-9.
57. Nieto A, Pamies R, Oliver F, Medina A, Caballero L, Mazon A. Montelukast improves pulmonary function measured by impulse oscillometry in children with asthma (Mio study). *Respir Med.* 2006 Jul;100(7):1180-5.
58. Rundell KW, Evans TM, Baumann JM, Kertesz MF. Lung function measured by impulse oscillometry and spirometry following eucapnic voluntary hyperventilation. *Can Respir J.* 2005 Jul-Ago;12(5):257-63.
59. Evans TM, Rundell KW, Beck KC, Levine AM, Baumann JM. Airway narrowing measured by spirometry and impulse oscillometry following room temperature and cold temperature exercise. *Chest.* 2005 Out;128(4):2412-9.
60. Malmberg LP, Makela MJ, Mattila PS, Hammaren-Malmi S, Pelkonen AS. Exercise-induced changes in respiratory impedance in young wheezy children and nonatopic controls. *Pediatr Pulmonol.* 2008 Jun;43(6):538-44.
61. Yamaguchi M, Niimi A, Ueda T, Takemura M, Matsuoka H, Jinnai M, et al. Effect of inhaled corticosteroids on small airways in asthma: investigation using impulse oscillometry. *Pulm Pharmacol Ther.* 2009 Ago;22(4):326-32.
62. Boccaccino A, Peroni DG, Pietrobelli A, Piacentini G, Bodini A, Chatzimichail A, et al. Assessment of variable obstruction by forced expiratory volume in 1 second, forced oscillometry, and interrupter technique. *Allergy Asthma Proc.* 2007 Mai-Jun;28(3):331-5.
63. Beraldo PS, Mateus SR, Araujo LM, Horan TA. Forced oscillation technique to detect and monitor tracheal stenosis in a tetraplegic patient. *Spinal Cord.* 2000 Jul;38(7):445-7.
64. Long FR, Williams RS, Castile RG. Structural airway abnormalities in infants and young children with cystic fibrosis. *J Pediatr.* 2004 Fev;144(2):154-61.
65. Brennan S, Hall GL, Horak F, Moeller A, Pitrez PM, Franzmann A, et al. Correlation of forced oscillation technique in preschool children with cystic fibrosis with pulmonary inflammation. *Thorax.* 2005 Fev;60(2):159-63.
66. Gangell CL, Horak F, Jr., Patterson HJ, Sly PD, Stick SM, Hall GL. Respiratory impedance in children with cystic fibrosis using forced oscillations in clinic. *Eur Respir J.* 2007 Nov;30(5):892-7.
67. Moreau L, Crenesse D, Berthier F, Albertini M. Relationship between impulse oscillometry and spirometric indices in cystic fibrosis children. *Acta Paediatr.* 2009 Jun;98(6):1019-23.

68. Villa Asensi JR, de Miguel Diez J, Angelo Vecchi A, Salcedo Posadas A, Neira Rodriguez MA, Sequeiros Gonzalez A. [Assessment of lung function using forced impulse oscillometry in cystic fibrosis patients]. *Arch Bronconeumol*. 1998 Dez;34(11):520-4.
69. Lebecque P, Stanescu D. Respiratory resistance by the forced oscillation technique in asthmatic children and cystic fibrosis patients. *Eur Respir J*. 1997 Abr;10(4):891-5.
70. Pasker HG, Peeters M, Genet P, Clement J, Nemery B, Van de Woestijne KP. Short-term ventilatory effects in workers exposed to fumes containing zinc oxide: comparison of forced oscillation technique with spirometry. *Eur Respir J*. 1997 Jul;10(7):1523-9.
71. de Mesquita Junior JA, Lopes AJ, Jansen JM, de Melo PL. Using the forced oscillation technique to evaluate respiratory resistance in individuals with silicosis. *J Bras Pneumol*. 2006 Mai-Jun;32(3):213-20.
72. Skloot G, Goldman M, Fischler D, Goldman C, Schechter C, Levin S, et al. Respiratory symptoms and physiologic assessment of ironworkers at the World Trade Center disaster site. *Chest*. 2004 Abr;125(4):1248-55.
73. Mauer MP, Cummings KR. Impulse Oscillometry and Respiratory Symptoms in World Trade Center Responders, 6 Years Post-9/11. *Lung*. 2009 Dez 12.
74. Lopes AJ, Mogami R, Capone D, Tessarollo B, de Melo PL, Jansen JM. High-resolution computed tomography in silicosis: correlation with chest radiography and pulmonary function tests. *J Bras Pneumol*. 2008 Mai;34(5):264-72.
75. Yang SC, Lin YF. Airway function and respiratory resistance in Taiwanese coal workers with simple pneumoconiosis. *Chang Gung Med J*. 2009 Jul-Ago;32(4):438-46.
76. Pride NB. Forced oscillation techniques for measuring mechanical properties of the respiratory system. *Thorax*. 1992 Abr;47(4):317-20.
77. Faria AC, Lopes AJ, Jansen JM, Melo PL. Assessment of respiratory mechanics in patients with sarcoidosis using forced oscillation: correlations with spirometric and volumetric measurements and diagnostic accuracy. *Respiration*. 2009;78(1):93-104.
78. van Noord JA, Cauberghs M, Van de Woestijne KP, Demedts M. Total respiratory resistance and reactance in ankylosing spondylitis and kyphoscoliosis. *Eur Respir J*. 1991 Set;4(8):945-51.
79. Witte KK, Morice A, Clark AL, Cleland JG. Airway resistance in chronic heart failure measured by impulse oscillometry. *J Card Fail*. 2002 Ago;8(4):225-31.
80. Gigante D, Barros F, Post C, Olinto M. Prevalência de obesidade em adultos e seus fatores de risco. *Rev Saúde Pública*. 1997;31:236-46.
81. Sarno F, Monteiro C. Importância relativa do Índice de Massa Corporal e da Circunferência abdominal na predição da hipertensão arterial. 2007;41:788-96.
82. Faintuch J, Horie LM, Schmidt VD, Barbeiro HV, Barbeiro DF, Soriano FG, et al. Obesity, inflammation, vascular reactivity, and cardiocirculatory events. *Clinics (Sao Paulo)*. 2007 Jun;62(3):357-8.
83. Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*. 2001 Abr;321(4):249-79.
84. Lotti P, Gigliotti F, Tesi F, Stendardi L, Grazzini M, Duranti R, et al. Respiratory muscles and dyspnea in obese nonsmoking subjects. *Lung*. 2005 Set-Out;183(5):311-23.
85. Rasslan Z, Junior R, Stirbulov R, Fabbri R, Lima C. Evaluation of Pulmonary Function in Class I and II Obesity. *J Bras Pneumol*. 2004;30:508-14.

86. Carrera M, Barbe F, Sauleda J, Tomas M, Gomez C, Santos C, et al. Effects of obesity upon genioglossus structure and function in obstructive sleep apnoea. *Eur Respir J*. 2004 Mar;23(3):425-9.
87. Gregorio PB, Athanazio RA, Bitencourt AG, Neves FB, Daltro C, Alves E, et al. [Clinical presentation of obese patients with polysomnographic diagnosis of obstructive sleep apnea]. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2007 Out;51(7):1064-8.
88. Beuther DA, Weiss ST, Sutherland ER. Obesity and asthma. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006 Jul 15;174(2):112-9.
89. King GG, Brown NJ, Diba C, Thorpe CW, Munoz P, Marks GB, et al. The effects of body weight on airway calibre. *Eur Respir J*. 2005 Mai;25(5):896-901.
90. Schachter LM, Salome CM, Peat JK, Woolcock AJ. Obesity is a risk for asthma and wheeze but not airway hyperresponsiveness. *Thorax*. 2001 Jan;56(1):4-8.
91. Sin DD, Jones RL, Man SF. Obesity is a risk factor for dyspnea but not for airflow obstruction. *Arch Intern Med*. 2002 Jul 8;162(13):1477-81.
92. Sutherland TJ, Cowan JO, Taylor DR. Dynamic hyperinflation with bronchoconstriction: differences between obese and nonobese women with asthma. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008 Mai 1;177(9):970-5.
93. Lin CC, Wu KM, Chou CS, Liaw SF. Oral airway resistance during wakefulness in eucapnic and hypercapnic sleep apnea syndrome. *Respir Physiol Neurobiol*. 2004 Jan 15;139(2):215-24.
94. Watson RA, Pride NB. Postural changes in lung volumes and respiratory resistance in subjects with obesity. *J Appl Physiol*. 2005 Fev;98(2):512-7.
95. Nicolacakis K, Skowronski ME, Coreno AJ, West E, Nader NZ, Smith RL, et al. Observations on the physiological interactions between obesity and asthma. *J Appl Physiol*. 2008 Nov;105(5):1533-41.
96. Torchio R, Gobbi A, Gulotta C, Dellaca R, Tinivella M, Hyatt RE, et al. Mechanical effects of obesity on airway responsiveness in otherwise healthy humans. *J Appl Physiol*. 2009 Ago;107(2):408-16.
97. Salome CM, Munoz PA, Berend N, Thorpe CW, Schachter LM, King GG. Effect of obesity on breathlessness and airway responsiveness to methacholine in non-asthmatic subjects. *Int J Obes (Lond)*. 2008 Mar;32(3):502-9.
98. Zerah F, Harf A, Perlemuter L, Lorino H, Lorino AM, Atlan G. Effects of obesity on respiratory resistance. *Chest*. 1993 Mai;103(5):1470-6.

**Artigo Original\*****Medida da Resistência de Vias Aéreas Inferiores de Indivíduos Obesos Através da Oscilometria de Impulso.****Lower airways resistance in obese individuals measured by Impulse Oscillometry System**

Título resumido: Resistência de vias aéreas inferiores em Obesos

Msc. CLÁUDIO GONÇALVES DE ALBUQUERQUE<sup>1</sup>, Msc. MARCUS ROCHA<sup>2</sup>, Msc. FLÁVIO MARCIEL<sup>3</sup>, Dr. WALDEMAR LADOSKY<sup>4</sup>, Dr. EDGAR GUIMARÃES VICTOR<sup>5</sup>, Dr. JOSÉ ÂNGELO RIZZO<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Mestrando em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>2</sup>Pesquisador do Laboratório de Fisiopatologia Respiratória e Exploração Funcional do Pulmão do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>3</sup>Pesquisador do Laboratório de Fisiopatologia Respiratória e Exploração Funcional do Pulmão do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>4</sup>Pesquisador do Laboratório de Fisiopatologia Respiratória e Exploração Funcional do Pulmão do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>5</sup>Professor Titular do Departamento de Medicina Clínica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>6</sup> Professor Adjunto do Departamento de Medicina Clínica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco

Universidade Federal de Pernambuco – Recife – Pernambuco – Brasil

Pesquisa financiada pela Finep – Financiadora de estudos e projetos.

Endereço para correspondência: Prof. Dr. José Ângelo Rizzo, Depto. de Medicina, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes do Rêgo, S/N, Cidade Universitária, Recife, PE-Brasil, e-mail: [jarrizo@hotmail.com.br](mailto:jarrizo@hotmail.com.br)

Palavras-chave: obesidade, oscilometria, resistência de vias respiratórias.

Keywords: obesity, oscillometry, airway resistance.

---

\* Artigo de revisão submetido para publicação e formatado de acordo com as normas do

## RESUMO

**Contextualização:** A obesidade associa-se à redução dos volumes pulmonares e obstrução ao fluxo aéreo expiratório. O sistema de oscilometria de impulso (IOS) permite a avaliação de forma não-invasiva da resistência do sistema respiratório, podendo separar regiões pulmonares centrais e periféricas. Este trabalho teve como objetivo principal analisar a resistência de vias aéreas periféricas em indivíduos com vários graus de IMC. **Materiais e Método:** Foram realizadas avaliações espirométricas e de resistência de vias aéreas através do IOS em 85 indivíduos, divididos de acordo com o índice de massa corpórea (IMC) em quatro grupos: grupo de comparação (IMC até 29,9 Kg/m<sup>2</sup>, n = 31), grupo I (IMC = 30,0 a 39,9 Kg/m<sup>2</sup>, n = 13), grupo II – GII (IMC = 40,0 a 49,9 Kg/m<sup>2</sup>, n = 28) e grupo III – GIII (IMC ≥ 50,0 Kg/m<sup>2</sup>, n = 13). **Resultados:** Os grupos GII e GIII apresentaram aumento na Rva periféricas comparados aos outros grupos. O aumento do IMC correlacionou-se com aumento da Rva periférica. A Fres foi o parâmetro que apresentou a maior correlação com a redução do VEF<sub>1</sub>. **Conclusão:** O aumento do IMC está correlacionado ao aumento da resistência de vias aéreas periféricas, principalmente em indivíduos com IMC ≥ 40 Kg/m<sup>2</sup>.

**Palavras-chave:** Obesidade, Oscilometria, Resistência das Vias Respiratórias.

**ABSTRACT**

**Background:** Obesity is associated with reduced lung volumes and airflow obstruction. The impulse oscillometry system (IOS) allows the non-invasive evaluation of the respiratory resistance, which can separate lung regions in central and peripheral. This study aimed to analyze the resistance of peripheral airways in subjects with various degrees of body mass index (BMI). **Methods:** Were evaluated by spirometry and IOS in 85 subjects, divided according to BMI in four groups: comparison group (BMI to 29.9 Kg/m<sup>2</sup>, n = 31), group I - GI (BMI = 30.0 to 39.9 Kg/m<sup>2</sup>, n = 13), group II - GII (BMI = 40.0 to 49.9 Kg/m<sup>2</sup>, n = 28) and group III - GIII (BMI  $\geq$  50.0 Kg/m<sup>2</sup>, n = 13). **Results:** The GII and GIII groups showed an increase in peripheral resistance airway (Raw) compared to other groups. The increase in BMI correlated with increased peripheral Raw. The resonance frequency was the parameter that showed the highest correlation with the reduction in FEV<sub>1</sub>. **Conclusions:** The increase in BMI is correlated with increased resistance of peripheral airways, especially in individuals with BMI  $\geq$  40 Kg/m<sup>2</sup>.

Keywords: obesity, oscillometry, airway resistance

## INTRODUÇÃO

A dificuldade para obtenção de alimentos e a intensa vida laboriosa presente durante a antiguidade transformava o excesso de peso em sinal de saúde e prosperidade, uma vez que garantia reserva energética. Atualmente, o padrão de vida mais sedentário e a facilidade para obtenção de alimentos conferiram à obesidade a posição de um dos maiores agravos à saúde da população<sup>1</sup>.

Nos Estados Unidos a prevalência da obesidade em adultos vem crescendo ao longo das últimas décadas. Na população brasileira vem aumentando desde a década de 70. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 1975, 2,8% dos homens e 7,8% das mulheres eram considerados obesos, alcançando 8,8% e 12,7% respectivamente em 2003<sup>2-5</sup>. Diversos problemas clínicos estão associados com o aumento do peso corpóreo, incluindo cardiomiopatias, insuficiência coronariana, hipertensão arterial sistêmica, *diabetes mellitus*, hiperlipidemia, doenças articulares e alterações respiratórias<sup>6-7</sup>.

As alterações da mecânica respiratória na obesidade incluem a redução da complacência pulmonar e o aumento da resistência de vias aéreas (Rva), levando a aumento do trabalho muscular respiratório. Estudos têm demonstrado uma associação entre a obesidade e a redução do volume de reserva expiratório (VRE) e da capacidade residual funcional (CRF), que resultam em redução do calibre brônquico e obstrução ao fluxo aéreo respiratório observado na espirometria e plestimografia de corpo inteiro<sup>8-9</sup>.

Alguns estudos demonstraram que a obesidade aumenta o risco de hiperreatividade brônquica, possivelmente como consequência do aumento da concentração de uma proteína chamada leptina e do estreitamento das vias aéreas<sup>10-12</sup>.

A avaliação da mecânica respiratória pode ser realizada de forma não-invasiva através do emprego do sistema de oscilometria de impulso (IOS), uma variante da técnica de oscilação forçada (TOF), descrita inicialmente por Dubois et al<sup>13</sup>. Esta técnica de avaliação da Rva e da complacência do sistema respiratório vem sendo avaliada na prática clínica e consiste na aplicação de forma contínua ou intermitente de sinais externos forçados, mono ou multifrequenciais, permitindo a medir a impedância, a resistência e a reatância do sistema respiratório, além de ser capaz de diferenciar as alterações em vias aéreas centrais ou periféricas<sup>7, 14-15</sup>.

A maior vantagem do emprego do IOS para estudar as alterações fisiopatológicas em indivíduos obesos é esta capacidade de diferenciar as alterações nas vias aéreas centrais das periféricas, o que não é possível com outras técnicas<sup>16</sup>. Além disso, não precisa de grande colaboração dos pacientes e não é esforço dependente, o que elimina o impacto da redução da força muscular respiratória sobre os resultados obtidos na avaliação espirométrica<sup>17</sup>.

Não encontramos nenhuma pesquisa estudo que tenha avaliado de forma específica a Rva periférica em indivíduos com diversos graus de obesidade comparados aos indivíduos não obesos. O objetivo desse estudo é avaliar a Rva periféricas em indivíduos com vários níveis de obesidade através do emprego do IOS e correlacionar os resultados com os da espirometria.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo tem desenho observacional comparativo, realizado no período de junho de 2007 a março de 2010, no Laboratório de Fisiopatologia Respiratória e Exploração Funcional do Pulmão do Hospital das Clínicas (HC) da Universidade

Federal de Pernambuco (UFPE). Foi aprovado pelo Comitê de Ética institucional e todos os indivíduos assinaram termo de consentimento livre e esclarecido.

Foram avaliados 85 indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 18 e 60 anos divididos em 4 grupos, de acordo com o IMC: Grupo de comparação (IMC até 29,9 Kg/m<sup>2</sup>), grupo I (IMC = 30 a 39,9 Kg/m<sup>2</sup>), grupo II (IMC = 40 a 49,9 Kg/m<sup>2</sup>) e grupo III (IMC ≥ 50 Kg/m<sup>2</sup>).

Foram excluídos pacientes com história de doença pulmonar pregressa ou com sinais e/ou sintomas de doença pulmonar atual (febre, tosse, dispnéia ou desconforto respiratório) alterações radiológicas, e aqueles com presença de doenças neurológicas ou osteomusculares com possibilidades de afetar a função pulmonar e tabagistas. Foram excluídos também indivíduos incapazes de realizar adequadamente as manobras de expiração forçada para a espirometria.

Após a avaliação dos dados antropométricos (peso, altura e cálculo de IMC – peso/altura<sup>2</sup>), utilizando-se a balança antropométrica Arja<sup>®</sup> (Metalúrgica Arja – São Paulo, Brasil) devidamente calibrada, os indivíduos foram submetidos à oscilometria de impulso (OI) e à prova de função pulmonar forçada.

Todos os exames foram realizados com os indivíduos sentados confortavelmente em uma cadeira com encosto, com os dois pés apoiados no solo, respirando através de um bocal plástico e utilizando um clipe nasal, com o propósito de minimizar o fluxo aéreo nasal. Os equipamentos foram calibrados diariamente, antes do início da coleta de dados, através do método de fluxos variáveis, utilizando-se uma seringa calibrada (Jaeger<sup>®</sup>, Wurzburg, Alemanha).

As espirometrias seguiram as recomendações e utilizaram equipamento dentro dos padrões da ATS (JAEGER pneumotach<sup>®</sup>, Master Screen IOS, Erich Jaeger, Wurzburg, Alemanha). Os parâmetros avaliados foram a capacidade vital forçada

(CVF), o volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ), a relação  $VEF_1/CVF$ , pico de fluxo expiratório (PFE) e o fluxo expiratório forçado médio entre 25% e 75% da CVF ( $FEF_{25-75\%}$ ). Foi selecionado o maior valor da CVF e do  $VEF_1$  entre as três manobras aceitáveis, enquanto os valores do PFE e do  $FEF_{25-75\%}$  foram retirados da manobra com maior soma entre a CVF e o  $VEF_1$ <sup>18</sup>. Esses valores foram comparados aos valores preditos para a população brasileira<sup>19</sup>.

Durante a realização da avaliação através do IOS, os indivíduos foram instruídos a colocar a boca bem ajustada em torno do bocal e a respirar normalmente por 40 segundos, pressionando as mãos contra as bochechas para evitar sua movimentação e reduzir o *shunt* de vias aéreas superiores. As ondas sonoras emitidas pelo equipamento tinham frequências harmônicas contidas entre 5 e 35 Hz e pressão que não excedia 50,98 cmH<sub>2</sub>O (5kPa). Foram avaliadas a resistência total (R5Hz), resistência central (R20Hz) e a frequência de ressonância (Fres), a partir desses dados foi calculada a resistência periférica (R5Hz-R20Hz), cujos valores foram comparados aos preditos para a população européia<sup>20</sup>. A confiabilidade dos dados obtidos foi assegurada por medidas repetidas até que se obtivesse uma coerência a 5 Hz e a 20 Hz maior que 0,7 e 0,9, respectivamente, ou até que fossem realizadas um máximo de 5 manobras, sendo descartado o exame caso não fosse alcançada a confiabilidade do teste.

O tamanho da amostra foi estimado baseado no trabalho de Watson e Pride<sup>18</sup> com 10 obesos comparados com 13 indivíduos não obesos, que apresentaram uma diferença média (DP) de 2,51 (0,4) cmH<sub>2</sub>O/L/s na resistência de vias aéreas medida pela técnica de oscilação forçada. Aceitando um erro alfa de 5% e o erro beta 20%, o tamanho total da amostra calculado para permitir detectar uma diferença de 20% na resistência de vias aéreas foi de 60 indivíduos.

Para testar a suposição de normalidade das variáveis envolvidas no estudo foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para realizar a comparação entre as variáveis categóricas foi utilizado o teste exato de Fisher. Para análise comparativa das variáveis intergrupos foi aplicado o teste one-way ANOVA e o teste Kruskal-Wallis. Para análise das possíveis correlações foi empregado o coeficiente de correlação de Pearson. Os softwares utilizados foram o GraphPad Prism 4 e Microsoft Office Excel 2007.

## RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a distribuição por sexo e IMC da população estudada, divididos em grupo de comparação (C), grupo I (GI), grupo II (GII) e grupo III (GIII). Observa-se predomínio dos homens, mantendo-se faixa etária semelhante entre os grupos.

**Tabela 1: Caracterização da população estudada quanto ao sexo nos grupos de comparação (C), grupo I (GI), grupo II (GII) e grupo III (GIII).**

	C (n = 31)	GI (n = 13)	GII (n = 28)	GIII (n = 13)	p-valor
<b>Sexo</b>					
<b>Homens (n=59) %</b>	37	8	41	14	
<b>Mulheres(n=26)%</b>	35	31	15	19	0,02*
<b>Idade (anos)</b> (média ± DP)	31,8 ± 11,3	39,6 ± 9,2	34,8 ± 12,4	34,1 ± 6,9	0,19†
<b>IMC (Kg/cm<sup>2</sup>)</b> (média ± DP)	24,22 ± 3,0	32,6 ± 2,7	45,5 ± 2,7	56,7 ± 5,2	

\* Teste exato de Fisher (comparação entre os sexos em todos os participantes).

† Teste one-way ANOVA (comparação intergrupos).

A tabela 2 apresenta a comparação entre as médias dos valores das variáveis espirométricas (% do previsto, exceto a relação VEF1/CVF), CVF, VEF<sub>1</sub>, VEF<sub>1</sub>/CVF, PFE, FEF<sub>25-75%</sub> dos diversos grupos estudados.

**Tabela 2: Variáveis espirométricas, encontradas nos grupos de comparação (C), grupo I (GI), grupo II (GII) e grupo III (GIII).**

	<b>C</b> (n = 31)	<b>GI</b> (n = 13)	<b>GII</b> (n = 28)	<b>GIII</b> (n = 13)
<b>CVF (%)</b>	97,5 ± 15,4	100,6 ± 12,5	90,6 ± 12,1	81,9 ± 14,3 <sup>*†</sup>
<b>VEF<sub>1</sub> (%)</b>	97,4 ± 12,1	99,5 ± 14,9	90,6 ± 12,6	82,4 ± 16,6 <sup>*†</sup>
<b>VEF<sub>1</sub>/CVF</b>	84,6 ± 7,3	81,3 ± 7,8	83,4 ± 6,1	84,3 ± 6,7
<b>PFE (%)</b>	77,6 ± 20,7	78,9 ± 31,8	69,0 ± 22,4	58,7 ± 16,7
<b>FEF<sub>25-75%</sub> (%)</b>	98,3 ± 19,1	106,2 ± 29,0	95,3 ± 27,4	83,1 ± 29,0

\* p < 0,01 quando comparado ao grupo de comparação. † p < 0,01 quando comparado ao grupo I. Teste Kruskal-Wallis. Os resultados estão mostrados como média± desvio padrão.

Observamos na tabela 02 que a CVF e o VEF<sub>1</sub> foram menores apenas no GIII, enquanto a relação VEF<sub>1</sub>/CVF, o PFE e o FEF<sub>25-75%</sub> não apresentaram diferença estatística entre os grupos.

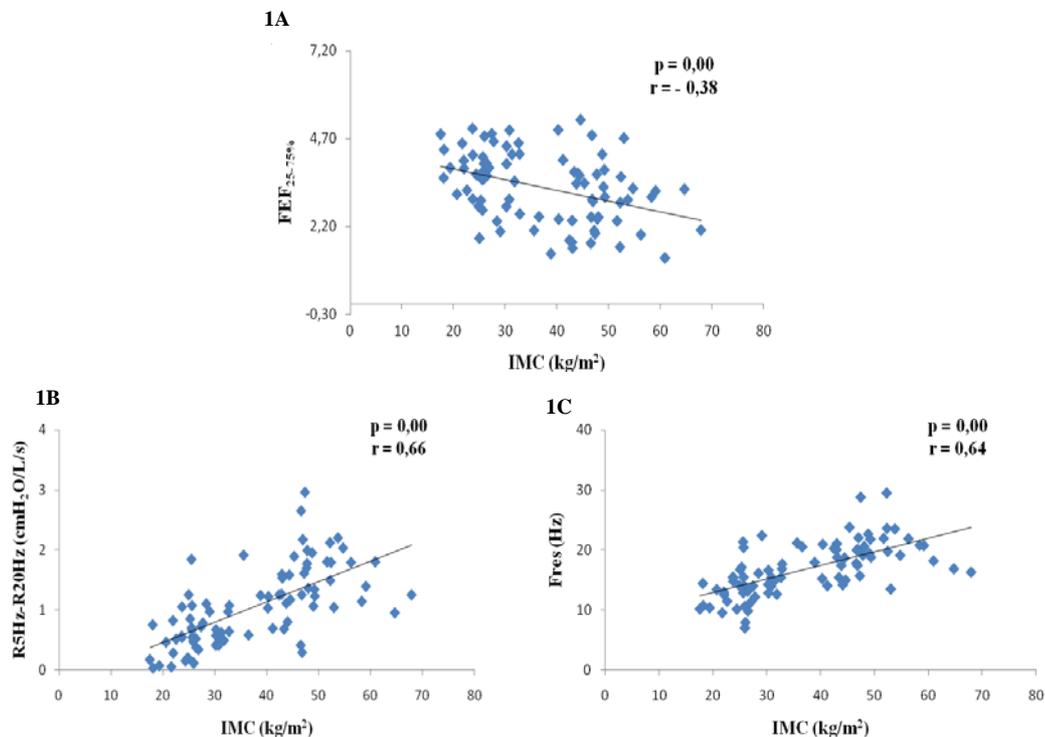
A tabela 3 apresenta a comparação entre as médias e desvios padrão das variáveis obtidas na oscilometria de impulso (R5, R20, R5-R20 e Fres) nos diversos grupos estudados. Podemos observar que houve uma maior Rva total (R5Hz) nos grupos GII e GIII, o mesmo aconteceu com a Fres e com a Rva periférica (R5Hz-R20Hz), sendo que esta última foi maior quando comparada ao grupo de comparação. A Rva central não apresentou diferenças estatísticas entre os grupos.

**Tabela 3: Variáveis obtidas na oscilometria de impulso, nos grupos de comparação (C), grupo I (GI), grupo II (GII) e grupo III (GIII).**

	C (n = 14)	GI (n = 13)	GII (n = 28)	GIII (n = 9)
<b>R5 (cmH<sub>2</sub>O/L/s)</b>	4,3 ± 1,1	4,5 ± 1,5	5,6 ± 1,7*	6,0 ± 1,2*
<b>R5 (% do predito)</b>	130,2 ± 36,6	136,5 ± 39,7	163,0 ± 54,0 <sup>‡</sup>	185,6 ± 46,0* <sup>¶</sup>
<b>R20 (cmH<sub>2</sub>O/L/s)</b>	3,7 ± 1,0	3,7 ± 1,2	4,2 ± 1,4	4,4 ± 1,1
<b>R20 (% do predito)</b>	135,1 ± 38,2	133,9 ± 39,7	146,3 ± 51,7	161,9 ± 48,0
<b>R5Hz–R20Hz (cmH<sub>2</sub>O/L/s)</b>	0,5 ± 0,4	0,7 ± 0,4	1,4 ± 0,6 <sup>†Δ</sup>	1,6 ± 0,4 <sup>**§</sup>
<b>Fres (Hz)</b>	13,5 ± 3,6	16,2 ± 2,6	19,2 ± 3,1 <sup>**¶</sup>	20,4 ± 3,9 <sup>**¶</sup>

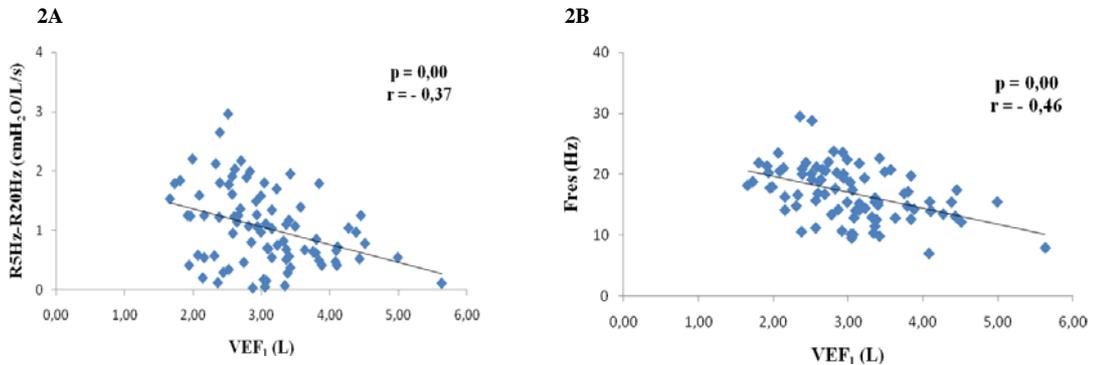
\* p < 0,01 quando comparado ao grupo de comparação. <sup>‡</sup> p < 0,05 quando comparado ao grupo de comparação. <sup>†</sup> p < 0,01 quando comparado ao grupo I. <sup>§</sup> p < 0,001 quando comparado ao grupo I. <sup>¶</sup> p < 0,05 quando comparado ao grupo I. <sup>\*\*</sup> p < 0,001 quando comparado ao grupo de comparação. Teste one-way ANOVA. Os resultados estão mostrados como média± desvio padrão.

A figura 1 apresenta as correlações entre o IMC e o FEF<sub>25-75%</sub> (fig. 1A), R5Hz–R20Hz (fig. 1B) e Fres (fig. 1C). Nela observamos uma discreta correlação negativa entre IMC e FEF<sub>25-75%</sub> (p = 0,00; r = - 0,38), além de uma moderada correlação positiva entre IMC e R5-R20 (p = 0,00; r = 0,66) e entre IMC e Fres (p = 0,00; r = 0,64).



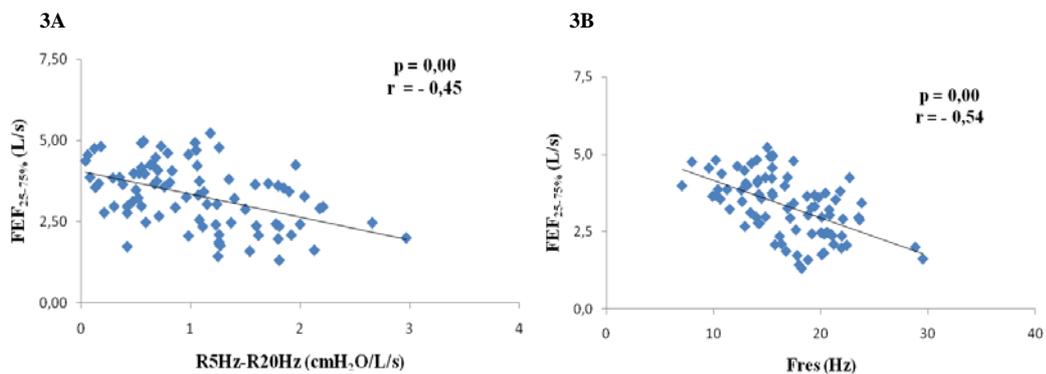
**Figura 1:** Correlação entre IMC e FEF<sub>25-75%</sub>, R5-R20 (cmH<sub>2</sub>O/L/s) e Fres (cmH<sub>2</sub>O/L/s). Coeficiente de correlação de Pearson.

A figura 2 apresenta as correlações entre  $VEF_1$  e R5Hz-R20Hz (figura 2A) e Fres (figura 2B), observando-se uma discreta correlação negativa entre  $VEF_1$  e R5Hz-R20Hz ( $p = 0,00$ ;  $r = -0,37$ ) e  $VEF_1$  e Fres ( $p = 0,00$ ;  $r = -0,46$ ).



**Figura 2:** Correlação entre volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ) e R5Hz-R20Hz (2A) e Fres (2B). Coeficiente de correlação de Pearson.

As correlações entre  $FEF_{25-75\%}$  e R5Hz-R20Hz e a Fres estão apresentadas na figura 3 (3A e 3B, respectivamente), observando-se uma moderada correlação negativa entre as variáveis analisadas ( $p = 0,00$ ;  $r = -0,45$  e  $p = 0,00$ ;  $r = -0,54$ , respectivamente).



**Figura 3:** Correlação entre  $FEF_{25-75\%}$  e R5Hz-R20Hz e Fres. Coeficiente de correlação de Pearson.

## DISCUSSÃO

A obesidade é considerada um importante fator de risco para o desenvolvimento de complicações pulmonares. Alterações na mecânica respiratória e conseqüentes modificações dos volumes e capacidades pulmonares são determinados pelo grau de obesidade e padrão de distribuição corporal, acarretando comprometimento das trocas gasosas e aumento do trabalho respiratório<sup>21-31</sup>.

A oscilometria de impulso é uma técnica de avaliação da mecânica do sistema respiratório (resistência e capacitância – componentes elásticos) que apresenta importantes vantagens em relação a outros exames como espirometria e a plestimografia de corpo inteiro por sua capacidade de diferenciar obstrução em vias aéreas centrais e periféricas, não exigir manobras de expiração forçada (que podem alterar o tônus brônquico) e não necessitar de grande colaboração dos pacientes para ser realizada pois só requer que o paciente respire em volume corrente<sup>32</sup>. A este respeito, verificamos em nossa amostra que 14 pacientes obesos que puderam ser avaliados através da oscilometria, não conseguiram realizar o exame espirométrico adequadamente e foram excluídos.

No presente estudo foi observada uma relação entre o aumento do IMC e a redução da CVF e do VEF<sub>1</sub> confirmando os resultados obtidos em avaliações prévias por outros autores (11, 33-34). A redução da CVF e do VEF<sub>1</sub> ocorrem na mesma proporção, isto implica na manutenção da relação CVF/VEF<sub>1</sub> que não apresenta redução significativa<sup>10, 26-27</sup>.

Os resultados deste trabalho estão de acordo com aqueles observados em nosso laboratório anteriormente<sup>35</sup> e mostram uma redução mais acentuada tanto na CVF e VEF<sub>1</sub> nos indivíduos com IMC mais elevada. Estas alterações ocorrem pela deposição

de tecido adiposo no tórax e no abdômen que reduzem a distensibilidade das estruturas extrapulmonares<sup>35</sup>.

Não observamos nesta pesquisa influência da obesidade no  $FEF_{25-75\%}$ , índice da espirometria que pode sugerir limitação do fluxo aéreo devido a alterações em vias aéreas mais periféricas. Semelhante aos nossos resultados, também não foram observadas diferenças significativas no fluxo expiratório forçado a 50% da CVF ( $FEF_{50\%}$ ) ou no fluxo expiratório forçado a 25% da CVF ( $FEF_{25\%}$ ) entre três grupos de obesos estudados por Zerah et al.<sup>10</sup> através da espirometria. Ferretti et al.<sup>24</sup> observaram valores normais do fluxo expiratório forçado médio a 75% da CVF ( $FEF_{75\%}$ ) em indivíduos obesos, não sendo capazes de indicar limitação do fluxo aéreo nestes pacientes apesar de respirarem a volumes pulmonares baixos (próximo ao volume de oclusão). Quarenta e nove obesos ( $IMV > 35 \text{kg/m}^2$ ) apresentaram valores normais do  $FEF_{25-75\%}$  no estudo de Teixeira et al.<sup>35</sup>.

Por outro lado, Rubinstein et al.<sup>36</sup> após avaliar 103 indivíduos obesos de ambos os sexos, encontrou que em homens obesos ocorria uma redução dos fluxos expiratórios a 50 e 75% da capacidade vital expirada ( $FEF_{50\%}$  e  $FEF_{75\%}$ ), sugerindo a obstrução de vias aéreas periféricas neste grupo de pacientes.

Estas divergências encontradas na literatura sobre a repercussão da obesidade no  $FEF_{25-75\%}$  podem estar relacionadas a grande variabilidade deste índice, reduzindo sua sensibilidade em detectar de forma precisa alterações na função pulmonar<sup>18</sup>, tornando-se necessária a busca de outros testes para avaliar limitação do fluxo aéreo em vias aéreas periféricas de pacientes com diversas patologias.

A deposição de gordura no pescoço, no tórax e no abdomen pode acarretar redução dos volumes pulmonares e risco de obstrução das vias aéreas. A desvantagem mecânica imposta ao diafragma pelo aumento da pressão abdominal observada em

obesos diminui a sua eficiência contrátil, contribuindo para a redução do volume inspiratório de reserva e posterior redução da pressão de retração elástica na parede brônquica. Esses fatos associados à compressão extrínseca das vias aéreas superiores e inferiores predis põem ao surgimento de limitação ao fluxo aéreo expiratório e hiperinsuflação pulmonar dinâmica<sup>37</sup>.

Estas alterações nas vias aéreas de indivíduos obesos foram estudadas em pacientes sob assistência ventilatória mecânica ou através da plestimografia. Pelosi et al.(11) avaliaram a mecânica do sistema respiratório de oito indivíduos obesos mórbidos ( $IMC = 48 \pm 7,8 \text{ Kg/m}^2$ ) ventilados mecanicamente e sob anestesia geral, observando a redução da capacidade residual funcional (CRF), diminuição da complacência pulmonar e aumento da resistência do sistema respiratório.

King et al.<sup>12</sup> estudaram 276 indivíduos de ambos os sexos através da plestimografia de corpo inteiro observaram uma correlação entre o aumento do IMC, a redução da CRF e a diminuição da condutância da via aérea (Gaw). Em seu estudo, Pankow et al.<sup>38</sup> avaliaram, também através da pletismografia, os volumes pulmonares e a mecânica do sistema respiratório de oito indivíduos obesos e seis indivíduos com peso normal. Observaram aumento da resistência do sistema respiratório e concomitante desenvolvimento de aprisionamento aéreo.

A avaliação da Gaw (que é recíproca da Rva) pela plestimografia não permite distinguir as alterações em regiões centrais ou periféricas do sistema respiratório e algumas pesquisas mostram que com a redução da CRF abaixo do volume de oclusão ocorre o colapso de pequenas vias aéreas, resultando no aprisionamento de ar em obesos<sup>39</sup>. Estas alterações ocorrem predominantemente em regiões dependentes do pulmão, onde há uma maior perfusão sanguínea, como consequência pode ocorrer uma

redução da relação ventilação/perfusão e a possibilidade de hipoxemia nestes indivíduos<sup>40</sup>.

No nosso estudo as propriedades resistivas do sistema respiratório foram mensuradas através do emprego do IOS, sendo possível observar o comportamento da Rva em regiões centrais e periféricas com o aumento do IMC. A resistência central envolve o somatório da resistência das vias aéreas de maior calibre, com a resistência da parede torácica, do diafragma e do tecido pulmonar, enquanto a resistência periférica representa a resistência das vias aéreas distensíveis e de pequeno calibre (bronquíolos ~ 2mm de diâmetro )<sup>32</sup>.

A Fres mensurada pelo IOS pode detectar obstrução de vias aéreas periféricas<sup>20</sup> e algumas pesquisas mostram que pode ser o parâmetro mais sensível para avaliar alterações neste setor<sup>14</sup>. Neste estudo demonstramos que a Fres foi maior no GII e no GIII quando comparados ao grupo de não obesos e apresentou uma moderada correlação com o aumento do IMC ( $r=0,64$ ), confirmando a influência da obesidade na Rva periféricas na amostra estudada.

Observamos que a R5Hz-R20Hz e a Fres apresentaram uma correlação significativa porém moderada e fraca com o VEF<sub>1</sub> e o FEF<sub>25-75%</sub>, respectivamente. Estudos anteriores realizados em pacientes com doenças obstrutiva confirmam esta nossa observação<sup>41-42</sup>. Num estudo para avaliar o efeito do corticóide sobre as vias aéreas periféricas em asmáticos, Yamaguchi et al.<sup>43</sup> também encontraram uma correlação significativa entre a R5Hz-R20Hz e o FEF<sub>25-75%</sub> ( $r = - 0,40$ ).

Embora não tenham sido observadas alterações do FEF<sub>25-75%</sub> na comparação entre os grupos estudados, foi encontrada uma fraca correlação entre o aumento do IMC com a redução do FEF<sub>25-75%</sub> em nossa pesquisa. Enquanto a Fres e a R5Hz-R20Hz apresentaram uma maior correlação com o IMC (0,64 e 0,66, respectivamente),

sugerindo uma maior sensibilidade do IOS em detectar alterações em vias aéreas periféricas no indivíduos obesos. Estudo prévio demonstrou que a Fres também foi mais sensível do que o  $FEF_{25-75\%}$  em detectar alterações nas vias aéreas inferiores de pacientes asmáticos após a inalação do brometo de ipratrópio<sup>44</sup>.

Encontramos uma maior R5Hz (resistência de vias aéreas totais) nos grupos da GII e GIII quando comparados aos outros grupos, este comportamento foi observado quando analisamos a resistência periférica (R5Hz-R20Hz) mas não ocorreu na resistência central (R20Hz).

Zerah et al.<sup>10</sup> analisaram os volumes pulmonares e a mecânica do sistema respiratório de quarenta e seis indivíduos de ambos os sexos e sem história de doença pulmonar prévia através da pletismografia, verificando a elevação da resistência do sistema respiratório e a redução dos volumes pulmonares em indivíduos com  $IMC \geq 30$   $Kg/m^2$ . Oliveira et al.<sup>7</sup> observaram um aumento da resistência de vias aéreas em 25 pacientes obesos comparados aos 25 não obesos avaliada através da técnica de oscilação forçada, entretanto a comparação da Rva nesta pesquisa foi entre obesos e indivíduos com o IMC dentro da normalidade, não sendo possível uma avaliação nos diversos níveis de obesidade, incluindo o sobrepeso.

Adicionalmente aos achados de Zerah et al.<sup>10</sup> e Oliveira et al.<sup>7</sup>, nosso estudo revela que as alterações pulmonares ocorrem em indivíduos com  $IMC \geq 40kg/m^2$ . Também diferenciamos a resistência do sistema respiratório em resistência de vias aéreas centrais e periféricas, o que torna possível apreciar melhor a contribuição das pequenas vias aéreas para as disfunções pulmonares nestes pacientes.

Observamos também em nossos resultados que os parametros da espirometria ( $VEF_1$  e CVF) apresentaram uma moderada correlação com a Fres e a R5Hz-R20Hz,

corroborando pesquisas prévias<sup>16,41</sup>. Estes achados demonstram o uso promissor da oscilometria em situações adversas ao exame espirométricos nestes indivíduos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nossos resultados mostram que indivíduos com  $IMC \geq 40 \text{ Kg/m}^2$  podem apresentar valores espirométricos considerados normais, porém já com importante alteração na resistência de vias aéreas periféricas. Essas alterações foram encontradas apenas nos grupos II e III, não ocorrendo em pacientes com  $IMC < 40 \text{ Kg/m}^2$ . Nesse contexto, a relevância clínica da utilização do IOS tem aumentado a cada dia, por se tratar de um método não-invasivo, acurado, que não requer a colaboração efetiva e entendimento do paciente e é um exame que auxilia a identificar precocemente as alterações da mecânica respiratória.

Sugerimos a realização de novos estudos envolvendo indivíduos portadores de outras patologias a fim de avaliar a utilização rotineira do IOS na avaliação da mecânica respiratória.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Repetto G, Rizzolli J, Bonatto C. Prevalência, riscos e soluções na obesidade e sobrepeso: Here, there, and everywhere. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia Metabólica*. 2003 Dez;47(6):633-5.
2. Mokdad AH, Ford ES, Bowman BA, Dietz WH, Vinicor F, Bales VS, et al. Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related health risk factors, 2001. *JAMA*. 2003 Jan 1;289(1):76-9.
3. Flegal KM, Carroll MD, Ogden CL, Johnson CL. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2000. *JAMA*. 2002 Oct 9;288(14):1723-7.
4. Mendonça C, Anajos L. Aspectos das práticas alimentares e da atividade física como determinantes do crescimento sobrepeso/obesidade no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*. 2004 Mai/Jun;20(3).
5. Pesquisa de Orçamentos Familiares. 2002-2003. [base de dados da Internet]2002-2003 [cited 20 Dec. 2009]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.
6. Rubenstein AH. Obesity: a modern epidemic. *Trans Am Clin Climatol Assoc*. 2005;116:103-11; discussion 12-3.
7. Oliveira F, Aguiar L, Bouskela E, Jansen J, PL M. Análise do efeito da obesidade sobre as propriedades resistivas e elásticas do sistema respiratório por oscilações forçadas. *Pulmão RJ*. 2006;15(4):219-33.
8. Beuther DA, Weiss ST, Sutherland ER. Obesity and asthma. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006 Jul 15;174(2):112-9.
9. Jones RL, Nzekwu MM. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest*. 2006 Set;130(3):827-33.
10. Zerah F, Harf A, Perlemuter L, Lorino H, Lorino AM, Atlan G. Effects of obesity on respiratory resistance. *Chest*. 1993 Mai;103(5):1470-6.
11. Pelosi P, Croci M, Ravagnan I, Cerisara M, Vicardi P, Lissoni A, et al. Respiratory system mechanics in sedated, paralyzed, morbidly obese patients. *J Appl Physiol*. 1997 Mar;82(3):811-8.
12. King GG, Brown NJ, Diba C, Thorpe CW, Munoz P, Marks GB, et al. The effects of body weight on airway calibre. *Eur Respir J*. 2005 Mai;25(5):896-901.
13. Dubois AB, Botelho SY, Comroe JH, Jr. A new method for measuring airway resistance in man using a body plethysmograph: values in normal subjects and in patients with respiratory disease. *J Clin Invest*. 1956 Mar;35(3):327-35.
14. Melo P, Werneck M, Giannella-neto A. Avaliação de mecânica ventilatória por oscilações forçadas: fundamentos e aplicações clínicas. *Jornal de Pneumologia*. 2000;26(4):194-206.
15. Johnson MK, Birch M, Carter R, Kinsella J, Stevenson RD. Use of reactance to estimate transpulmonary resistance. *Eur Respir J*. 2005 Jun;25(6):1061-9.
16. Hellinckx J, Cauberghs M, De Boeck K, Demedts M. Evaluation of impulse oscillation system: comparison with forced oscillation technique and body plethysmography. *Eur Respir J*. 2001 Set;18(3):564-70.
17. Chlif M, Keochkerian D, Choquet D, Vaidie A, Ahmaidi S. Effects of obesity on breathing pattern, ventilatory neural drive and mechanics. *Respir Physiol Neurobiol*. 2009 Set 30;168(3):198-202.
18. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005 Ago;26(2):319-38.
19. Pereira C, Barreto S, Simões J, Pereira F, Gerstler J, Nakatani J. Valores de referência para a espirometria em uma amostra da população brasileira adulta *Jornal de Pneumologia*. 1992 Mar;18(1):10-22.

20. Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, Farre R, Hantos Z, Desager K, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. *Eur Respir J*. 2003 Dez;22(6):1026-41.
21. Sahebajami H. Dyspnea in obese healthy men. *Chest*. 1998 Nov;114(5):1373-7.
22. Jenkins SC, Moxham J. The effects of mild obesity on lung function. *Respir Med*. 1991 Jul;85(4):309-11.
23. Collins LC, Hoberty PD, Walker JF, Fletcher EC, Peiris AN. The effect of body fat distribution on pulmonary function tests. *Chest*. 1995 Mai;107(5):1298-302.
24. Ferretti A, Giampiccolo P, Cavalli A, Milic-Emili J, Tantucci C. Expiratory flow limitation and orthopnea in massively obese subjects. *Chest*. 2001 Mai;119(5):1401-8.
25. Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*. 2001 Abr;321(4):249-79.
26. Schachter LM, Salome CM, Peat JK, Woolcock AJ. Obesity is a risk for asthma and wheeze but not airway hyperresponsiveness. *Thorax*. 2001 Jan;56(1):4-8.
27. Sin DD, Jones RL, Man SF. Obesity is a risk factor for dyspnea but not for airflow obstruction. *Arch Intern Med*. 2002 Jul 8;162(13):1477-81.
28. Thomson CC, Clark S, Camargo CA, Jr. Body mass index and asthma severity among adults presenting to the emergency department. *Chest*. 2003 Set;124(3):795-802.
29. Ford ES, Mannino DM, Redd SC, Mokdad AH, Mott JA. Body mass index and asthma incidence among USA adults. *Eur Respir J*. 2004 Nov;24(5):740-4.
30. Jubber AS. Respiratory complications of obesity. *Int J Clin Pract*. 2004 Jun;58(6):573-80.
31. Watson RA, Pride NB. Postural changes in lung volumes and respiratory resistance in subjects with obesity. *J Appl Physiol*. 2005 Fev;98(2):512-7.
32. H.J. Smith PR, M.D. Goldman. Forced oscillation technique and impulse oscillometry. *European Respiratory Montly*. 2005;31:72-105.
33. von Ungern-Sternberg BS, Regli A, Schneider MC, Kunz F, Reber A. Effect of obesity and site of surgery on perioperative lung volumes. *Br J Anaesth*. 2004 Fev;92(2):202-7.
34. Malnick SD, Knobler H. The medical complications of obesity. *QJM*. 2006 Set;99(9):565-79.
35. Teixeira CA, Dos Santos JE, Silva GA, de Souza ES, Martinez JA. Prevalence of and the potential physiopathological mechanisms involved in dyspnea in individuals with class II or III obesity. *J Bras Pneumol*. 2007 Fev;33(1):28-35.
36. Rubinstein I, Zamel N, DuBarry L, Hoffstein V. Airflow limitation in morbidly obese, nonsmoking men. *Ann Intern Med*. 1990 Jun 1;112(11):828-32.
37. Wang LY, Cerny FJ, Kufel TJ, Grant BJ. Simulated obesity-related changes in lung volume increases airway responsiveness in lean, nonasthmatic subjects. *Chest*. 2006 Set;130(3):834-40.
38. Pankow W, Podszus T, Gutheil T, Penzel T, Peter J, Von Wichert P. Expiratory flow limitation and intrinsic positive end-expiratory pressure in obesity. *J Appl Physiol*. 1998 Out;85(4):1236-43.
39. Hakala K, Mustajoki P, Aittomaki J, Sovijarvi AR. Effect of weight loss and body position on pulmonary function and gas exchange abnormalities in morbid obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1995 Mai;19(5):343-6.
40. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol*. 2010 Jan;108(1):206-11.
41. Moreira M, Dalcin P, Barreto S. A Contribuição da Oscilometria de Impulso na Obstrução das Vias Aéreas. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2005.
42. Kolsum U, Borrill Z, Roy K, Starkey C, Vestbo J, Houghton C, et al. Impulse oscillometry in COPD: identification of measurements related to airway obstruction, airway conductance and lung volumes. *Respir Med*. 2009 Jan;103(1):136-43.

43. Yamaguchi M, Niimi A, Ueda T, Takemura M, Matsuoka H, Jinnai M, et al. Effect of inhaled corticosteroids on small airways in asthma: investigation using impulse oscillometry. *Pulm Pharmacol Ther.* 2009 Ago;22(4):326-32.
44. Houghton CM, Woodcock AA, Singh D. A comparison of plethysmography, spirometry and oscillometry for assessing the pulmonary effects of inhaled ipratropium bromide in healthy subjects and patients with asthma. *Br J Clin Pharmacol.* 2005 Fev;59(2):152-9.

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

**Tabela 1:** Caracterização da população estudada quanto ao sexo nos grupos de comparação (C), grupo I (GI), grupo II (GII) e grupo III (GIII).

	<b>C</b> (n = 31)	<b>GI</b> (n = 13)	<b>GII</b> (n = 28)	<b>GIII</b> (n = 13)	<b>p-valor</b>
<b>Sexo</b>					
<b>Homens (n=59) %</b>	37	8	41	14	
<b>Mulheres(n=26)%</b>	35	31	15	19	0,02*
<b>Idade (anos)</b> (média ± DP)	31,8 ± 11,3	39,6 ± 9,2	34,8 ± 12,4	34,1 ± 6,9	0,19†
<b>IMC (Kg/cm<sup>2</sup>)</b> (média ± DP)	24,22 ± 3,0	32,6 ± 2,7	45,5 ± 2,7	56,7 ± 5,2	

\* Teste exato de Fisher (comparação entre os sexos em todos os participantes).

† Teste one-way ANOVA (comparação intergrupos).

**Tabela 2:** Variáveis espirométricas, encontradas nos grupos de comparação (C), grupo I (GI), grupo II (GII) e grupo III (GIII).

	<b>C</b> (n = 31)	<b>GI</b> (n = 13)	<b>GII</b> (n = 28)	<b>GIII</b> (n = 13)
<b>CVF (%)</b>	97,5 ± 15,4	100,6 ± 12,5	90,6 ± 12,1	81,9 ± 14,3*†
<b>VEF<sub>1</sub> (%)</b>	97,4 ± 12,1	99,5 ± 14,9	90,6 ± 12,6	82,4 ± 16,6*†
<b>VEF<sub>1</sub>/CVF</b>	84,6 ± 7,3	81,3 ± 7,8	83,4 ± 6,1	84,3 ± 6,7
<b>PFE (%)</b>	77,6 ± 20,7	78,9 ± 31,8	69,0 ± 22,4	58,7 ± 16,7
<b>FEF<sub>25-75%</sub> (%)</b>	98,3 ± 19,1	106,2 ± 29,0	95,3 ± 27,4	83,1 ± 29,0

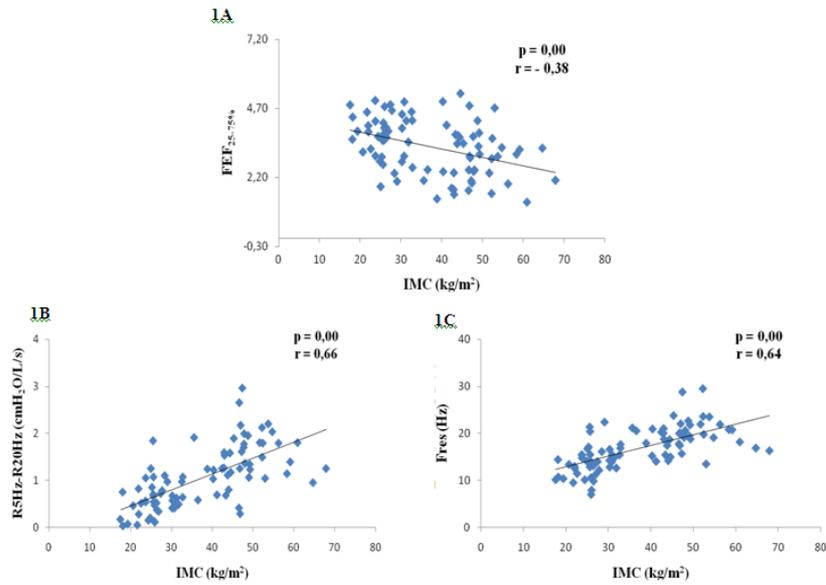
\* p &lt; 0,01 quando comparado ao grupo de comparação. † p &lt; 0,01 quando comparado ao grupo I. Teste Kruskal-Wallis. Os resultados estão mostrados como média± desvio padrão.

**Tabela 3:** Variáveis obtidas na oscilometria de impulso, nos grupos de comparação (C), grupo I (GI), grupo II (GII) e grupo III (GIII).

	<b>C</b> (n = 14)	<b>GI</b> (n = 13)	<b>GII</b> (n = 28)	<b>GIII</b> (n = 9)
<b>R5 (cmH<sub>2</sub>O/L/s)</b>	4,3 ± 1,1	4,5 ± 1,5	5,6 ± 1,7*	6,0 ± 1,2*
<b>R5 (% do predito)</b>	130,2 ± 36,6	136,5 ± 39,7	163,0 ± 54,0‡	185,6 ± 46,0*¶
<b>R20 (cmH<sub>2</sub>O/L/s)</b>	3,7 ± 1,0	3,7 ± 1,2	4,2 ± 1,4	4,4 ± 1,1
<b>R20 (% do predito)</b>	135,1 ± 38,2	133,9 ± 39,7	146,3 ± 51,7	161,9 ± 48,0
<b>R5Hz–R20Hz (cmH<sub>2</sub>O/L/s)</b>	0,5 ± 0,4	0,7 ± 0,4	1,4 ± 0,6†Δ	1,6 ± 0,4**§
<b>Fres (Hz)</b>	13,5 ± 3,6	16,2 ± 2,6	19,2 ± 3,1***¶	20,4 ± 3,9***¶

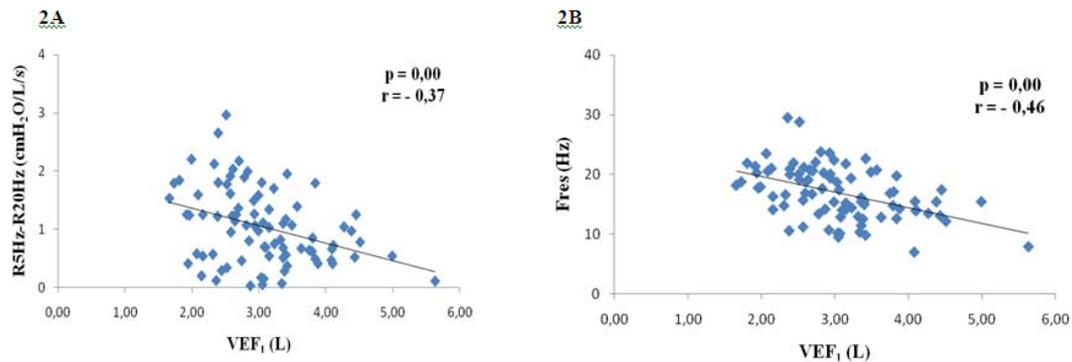
\* p &lt; 0,01 quando comparado ao grupo de comparação. ‡ p &lt; 0,05 quando comparado ao grupo de comparação. † p &lt; 0,01 quando comparado ao grupo I. § p &lt; 0,001 quando comparado ao grupo I. ¶ p &lt;

**Figura 1:** Correlação entre IMC e FEF<sub>25-75%</sub>, R5-R20 (cmH<sub>2</sub>O/L/s) e Fres (cmH<sub>2</sub>O/L/s).



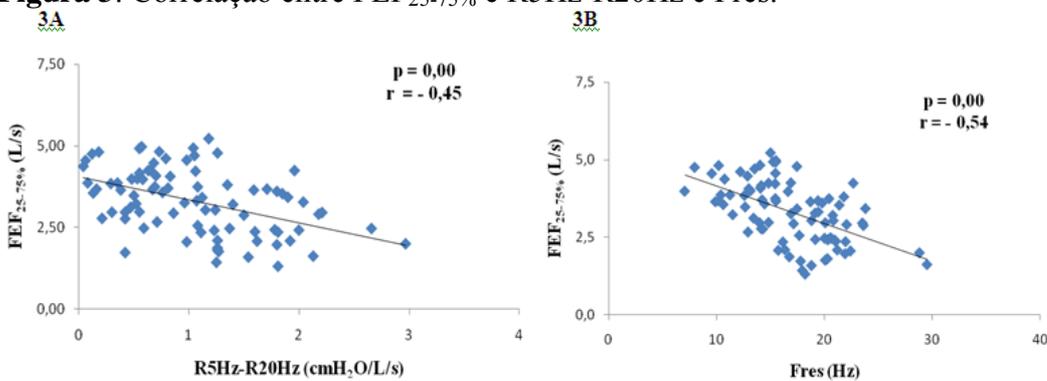
Coefficiente de correlação de Pearson.

**Figura 2:** Correlação entre volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>) e R5Hz-R20Hz (2A) e Fres (2B).



Coefficiente de correlação de Pearson.

**Figura 3:** Correlação entre FEF<sub>25-75%</sub> e R5Hz-R20Hz e Fres.



Coefficiente de correlação de Pearson.

## Apêndice

### DESCRITORES RELEVANTES UTILIZADOS NO ARTIGO DE REVISÃO

**Descritores:**

Testes de Função Respiratória, Oscilometria, Espirometria, Pletismografia, Obesidade, Asma, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, Doenças Ocupacionais, Fibrose  
Estes descritores foram combinados com o conectivo e.

**Descritores na língua inglesa:**

*Estes descritores são mencionados, na língua inglesa, desta forma:*

*Respiratory Function Tests, oscillometry, Spirometry, Plethysmography, Obesity, Asthma, Pulmonary Disease, Chronic Obstructive, Occupational Diseases, Fibrosis*

Os descritores na língua inglesa foram combinados com o conectivo *and*.

## Anexos

### Anexo 01

#### INSTRUÇÕES AOS AUTORES

##### INFORMAÇÕES GERAIS

A submissão dos manuscritos deverá ser efetuada por via eletrônica, no site <<http://www.scielo.br/rbfis>> e implica que o trabalho não tenha sido publicado e não esteja sob consideração para publicação em outro periódico. Quando parte do material já tiver sido apresentada em uma comunicação preliminar, em Simpósio, Congresso, etc., deve ser citada como nota de rodapé na página de título, e uma cópia do texto da apresentação deve acompanhar a submissão do manuscrito.

Os artigos submetidos e aceitos em português serão traduzidos para o inglês por tradutores da RBF/BJPT. Os artigos submetidos e aceitos em inglês também serão encaminhados aos revisores de inglês da RBF/BJPT para revisão final. Por decisão do Conselho Editorial, os autores serão responsáveis pelo pagamento dos custos de tradução ou de revisão do inglês dos manuscritos aceitos. No sentido de reduzir os custos para os autores, a RBF/BJPT poderá subsidiar, de acordo com sua disponibilidade orçamentária, até 50% dos custos de tradução ou revisão.

##### FORMA E PREPARAÇÃO DOS MANUSCRITOS

A RBF/BJPT aceita, no máximo, 6 (seis) autores em um manuscrito. O manuscrito deve ser escrito preferencialmente em inglês e pode conter até 3.500 palavras (excluindo Resumo/Abstract, Referências, Figuras, Tabelas e Anexos). Estudos de Caso não devem ultrapassar 1.600 palavras, excluindo Resumo/Abstract, Referências, Figuras, Tabelas e Anexos. Ao submeter um manuscrito para publicação, os autores devem enviar, por via eletrônica, como documento(s) suplementar(es):

1) Carta de encaminhamento do material, contendo as seguintes informações:

- a) Nomes completos dos autores;
- b) Tipo e área principal do artigo (ver OBJETIVOS, ESCOPO E POLÍTICA);
- c) Número e nome da Instituição que emitiu o parecer do *Comitê de Ética* para pesquisas em seres humanos e para os experimentos em animais. Para as pesquisas em seres humanos, incluir também uma declaração de que foi obtido o *Termo de Consentimento* dos participantes do estudo;
- d) Conforme descritos em OBJETIVOS, ESCOPO E POLÍTICA, os manuscritos com resultados relativos aos ensaios clínicos deverão apresentar número de identificação, que deverá ser registrado no final do Resumo/Abstract. (Sugestão de site para registro:< <http://www.anzctr.org.au/Survey/UserQuestion.aspx>>);

2) Declaração de responsabilidade de conflitos de interesse. Os autores devem declarar a existência ou não de eventuais conflitos de interesse (profissionais, financeiros e benefícios diretos e indiretos) que possam influenciar os resultados da pesquisa;

3) Declaração assinada por todos os autores, com o número de CPF, indicando a responsabilidade pelo conteúdo do manuscrito e transferência de direitos autorais (copyright) para a RBF/BJPT, caso o artigo

venha a ser aceito pelos Editores.

Os modelos da carta de encaminhamento e das declarações encontram-se disponíveis no site da RBF/BJPT: <http://www.rbf-bjpt.org.br>.

É de responsabilidade dos autores a eliminação de todas as informações (exceto na página do título e identificação) que possam identificar a origem ou autoria do artigo.

#### FORMATO DO MANUSCRITO

O manuscrito deve ser elaborado com todas as páginas numeradas consecutivamente na margem superior direita, com início na página de título. Os Artigos Originais devem ser estruturados conforme sequência abaixo:

##### • **Página de título e identificação** (1<sup>a</sup>. página)

A página de identificação deve conter os seguintes dados:

a) Título do manuscrito em letras maiúsculas;

b) Autor: nome e sobrenome de cada autor em letras maiúsculas, sem titulação, seguidos por número sobrescrito (expoente), identificando a afiliação institucional/vínculo (Unidade/ Instituição/ Cidade/ Estado/ País); para mais de um autor, separar por vírgula;

c) Nome e endereço completo. (É de responsabilidade do autor *correspondente* manter atualizado o endereço e e-mail para contatos);

d) Título para as páginas do artigo: indicar um título curto, em Português e em Inglês, para ser usado no cabeçalho das páginas do artigo, não excedendo 60 caracteres;

e) Palavras-chave: termos de indexação ou palavras-chave (máximo seis), em Português e em Inglês. A RBF/BJPT recomenda o uso do DeCS - Descritores em Ciências da Saúde para consulta aos termos de indexação (palavras-chave) a serem utilizados no artigo <<http://decs.bvs.br/>>.

##### • **Resumo/Abstract**

Uma exposição concisa, que não exceda 250 palavras em um único parágrafo, em português (Resumo) e em Inglês (Abstract) deve ser escrita e colocada logo após a página de título. Notas de rodapé e abreviações não definidas não devem ser usadas. Se for preciso citar uma referência, a citação completa deve ser feita dentro do resumo. O Resumo e o Abstract devem ser apresentados em formato estruturado, incluindo os seguintes itens separadamente: Contextualização (Background), Objetivos (Objectives), Métodos (Methods), Resultados (Results) e Conclusões (Conclusions).

##### • **Corpo do texto: Introdução, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão**

Incluir, em itens destacados:

Introdução: deve informar sobre o objeto investigado e conter os objetivos da investigação, suas relações

com outros trabalhos da área e os motivos que levaram o(s) autor(es) a empreender a pesquisa.

**Materiais e Métodos:** descrever de modo a permitir que o trabalho possa ser inteiramente repetido por outros pesquisadores. Incluir todas as informações necessárias - ou fazer referências a artigos publicados em outras revistas científicas - para permitir a replicabilidade dos dados coletados. Recomenda-se fortemente que estudos de intervenção apresentem grupo controle e, quando possível, aleatorização da amostra.

**Resultados:** devem ser apresentados de forma breve e concisa. Tabelas, Figuras e Anexos podem ser incluídos quando necessários para garantir melhor e mais efetiva compreensão dos dados.

**Discussão:** o objetivo da discussão é interpretar os resultados e relacioná-los aos conhecimentos já existentes e disponíveis, principalmente àqueles que foram indicados na Introdução do trabalho. As informações dadas anteriormente no texto podem ser citadas, mas não devem ser repetidas em detalhes na discussão.

*Os artigos de Revisão Sistemática e Metanálises devem incluir uma seção que descreva os métodos empregados para localizar, selecionar, obter, classificar e sintetizar as informações.*

#### • **Agradecimentos**

Quando apropriados, os agradecimentos poderão ser incluídos, de forma concisa, no final do texto, antes das Referências Bibliográficas, especificando: assistências técnicas, subvenções para a pesquisa e bolsa de estudo e colaboração de pessoas que merecem reconhecimento (aconselhamento e assistência). Os autores são responsáveis pela obtenção da permissão documentada das pessoas cujos nomes constam dos Agradecimentos.

#### • **Referências Bibliográficas**

O número recomendado é de, no mínimo, 50 (cinquenta) referências bibliográficas para Artigo de Revisão; 30 (trinta) referências bibliográficas para Artigo Original, Metanálise, Revisão Sistemática e Metodológico. Para Estudos de Caso recomenda-se, no máximo, 10 (dez) referências bibliográficas.

As referências bibliográficas devem ser organizadas em sequência numérica, de acordo com a ordem em que forem mencionadas pela primeira vez no texto, seguindo os Requisitos Uniformizados para Manuscritos Submetidos a Jornais Biomédicos, elaborados pelo Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas - ICMJE <<http://www.icmje.org/index.html>>.

Os títulos de periódicos devem ser referidos de forma abreviada, de acordo com a List of Journals do Index Medicus <<http://www.index-medicus.com>>. As revistas não indexadas não deverão ter seus nomes abreviados.

As citações das referências bibliográficas devem ser mencionadas no texto em números sobrescritos (expoente), sem datas. A exatidão das referências bibliográficas constantes no manuscrito e a correta citação no texto são de responsabilidade do(s) autor(es) do manuscrito. (Ver exemplos no site: <[http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)>).

• **Tabelas, Figuras e Anexos:** as Tabelas, Figuras e Anexos são limitados a 5(cinco) no total.

-**Tabelas:** devem incluir apenas os dados imprescindíveis, evitando-se tabelas muito longas, e devem ser numeradas, consecutivamente, com algarismos arábicos e inseridas no final do texto. Título descritivo e legendas devem torná-las compreensíveis, sem necessidade de consulta ao texto do artigo. Não devem ser formatadas com marcadores horizontais nem verticais, apenas necessitam de linhas horizontais para a separação de suas seções principais. Devem ser usados parágrafos ou recuos e espaços verticais e horizontais para agrupar os dados.

-**Figuras:** as Figuras não devem repetir os dados já descritos nas Tabelas. Todas devem ser citadas e devem ser numeradas, consecutivamente, em arábico, na ordem em que aparecem no texto. Não é recomendado o uso de cores. As legendas devem torná-las compreensíveis, sem necessidade de consulta ao texto. Digitar todas as legendas em espaço duplo e explicar todos os símbolos e abreviações. Usar letras em caixa-alta (A, B, C, etc.) para identificar as partes individuais de figuras múltiplas. Se possível, todos os símbolos devem aparecer nas legendas; entretanto, símbolos para identificação de curvas em um gráfico podem ser incluídos no corpo de uma figura, desde que isso não dificulte a análise dos dados.

Em relação à arte final, todas as Figuras devem estar no formato **.tiff**. Figuras de baixa qualidade podem resultar em atrasos na aceitação e publicação do artigo.

As Tabelas, Figuras e Anexos publicados em outras revistas ou livros devem conter as respectivas referências e o consentimento, por escrito, do autor ou editores.

Para artigos submetidos em língua portuguesa, um conjunto adicional em inglês das Tabelas, Figuras, Anexos e suas respectivas legendas deve ser anexado como documento suplementar.

#### • **Notas de Rodapé**

As notas de rodapé do texto, se imprescindíveis, devem ser numeradas consecutivamente em sobrescrito no manuscrito e escritas em folha separada, colocada no final do texto.

#### OUTRAS CONSIDERAÇÕES

**Unidades:** usar o Sistema Internacional (SI) de unidades métricas para as medidas e abreviações das unidades.

**Cartas ao Editor:** críticas às matérias publicadas de maneira construtiva, objetiva e educativa; consultas às situações clínicas e discussões de assuntos específicos da Fisioterapia serão publicados a critério dos editores (com até 700 palavras e até 8 referências). Quando a carta se referir a comentários técnicos (réplicas) sobre os artigos publicados na RBF/BJPT, esta será publicada junto com a tréplica dos autores do artigo objeto de análise e/ou crítica.

**Estudos de Caso:** devem ser restritos às condições de saúde ou métodos/procedimentos incomuns sobre os quais o desenvolvimento de artigo original seja impraticável. Dessa forma, os relatos de casos clínicos não precisam necessariamente seguir a estrutura canônica dos artigos originais, mas devem apresentar um delineamento metodológico que permita a reprodutibilidade das intervenções ou procedimentos relatados. Recomenda-se muito cuidado ao propor generalizações de resultados a partir desses estudos. Desenhos experimentais de caso único serão tratados como artigos originais e devem seguir as normas estabelecidas pela RBF/BJPT.

**Conflitos de Interesse:** os autores são responsáveis pela declaração de qualquer tipo de conflito de interesse na realização da pesquisa, tanto de ordem financeira como de qualquer outra natureza.

O relator deve comunicar aos editores quaisquer conflitos de interesse que possam influenciar a emissão de parecer sobre o manuscrito e, quando couber, deve declarar-se não qualificado para revisá-lo.

**Considerações Éticas e Legais:** evitar o uso de iniciais, nomes ou números de registros hospitalares dos pacientes. Um paciente não poderá ser identificado em fotografias, exceto com consentimento expresso, por escrito, acompanhando o trabalho original.

Estudos realizados em humanos devem estar de acordo com os padrões éticos e com o devido consentimento livre e esclarecido dos participantes (reporte-se à Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde que trata do Código de Ética para Pesquisa em Seres Humanos).

Para os experimentos em animais, considerar as diretrizes internacionais (por exemplo, a do Committee for Research and Ethical Issues of the International Association for the Study of Pain, publicada em PAIN, 16:109-110, 1983).

Para as pesquisas em humanos e em animais, deve-se incluir, no manuscrito, o número do Parecer da aprovação das mesmas pela Comissão de Ética em Pesquisa, que deve ser devidamente registrado no Conselho Nacional de Saúde do Hospital ou Universidade ou no mais próximo de sua região.

A RBF/BJPT reserva-se o direito de não publicar trabalhos que não obedeçam às normas legais e éticas para pesquisas em seres humanos e para os experimentos em animais.

É recomendável que estudos relatando resultados eletromiográficos sigam os "Standards for Reporting EMG Data", recomendados pela ISEK.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se o artigo for encaminhado aos autores para revisão e não retornar à RBF/BJPT dentro de 6 (seis) semanas, o processo de revisão será considerado encerrado. Caso o mesmo artigo seja reencaminhado, um novo processo será iniciado, com data atualizada. A data do aceite será registrada quando os autores retornarem o manuscrito após a correção final aceita pelos Editores.

As provas finais serão enviadas aos autores por e-mail, no endereço indicado na submissão, para revisão final (dúvidas e/ou discordâncias de revisão), não sendo permitidas quaisquer outras alterações. Manuscrito em prova final não devolvido em 48 horas poderá, a critério dos editores, ser publicado na forma em que se apresenta ou ter sua publicação postergada para um próximo número.

Após publicação do artigo ou processo de revisão encerrado, toda documentação referente ao processo de revisão será incinerada.

## Anexo 02

*Last updated March 2010*

### **CHEST GUIDELINES FOR MANUSCRIPT PREPARATION**

Authors should have read the [Journal Publication Policies and Procedures](#) while writing their manuscript.

Manuscripts must be submitted online at <http://mc.manuscriptcentral.com/CHEST>. If you need guidance on how to submit online, go to [Instructions for Online Submission](#).

#### **FORMAT OF THE MANUSCRIPT**

File format: standard word processing software (Microsoft Word preferred). (Figures should each be in a separate file; see next section for instructions)

Text: double-spaced, 10 to 12 point type; Times Roman or Helvetica font. Pages should be numbered consecutively and line numbered throughout the paper

Parts of paper (each to begin a new page):

- Title page
- Abstract (if applicable)
- Abbreviation list
- Body of paper
- Acknowledgments
- References
- Figure legends
- Tables

#### **Title Page**

Each manuscript must include a title page including the following:

- word counts for the abstract and text in the upper left-hand corner;
- full article title;
- full first and last names
  - use initials if appropriate
  - provide highest academic degrees for all authors
  - provide e-mail addresses and institutional affiliations for all authors
  - provide corresponding author full address

**[Please verify spellings and information with coauthors; the way that each author is provided ON THE TITLE PAGE is how the name will be processed for PubMed and other indexing services]; If authors are added or dropped post-submission, CHEST may ask for a new start to peer review and/or fees to change proofs );**

- 
- the institution(s) at which the work was performed;
- the source of financial support; this information must be in the form of a sentence with the name of the funding agency written out in full.
- Research funded by NIH/Wellcome Trust: Because CHEST now deposits articles on behalf of authors (beginning with the July 2009 issue) who are funded by these bodies, research funded by the National Institutes of Health (NIH) and the Wellcome Trust and their agencies **MUST** include the grant number in square brackets (eg):

This work was supported by the National Institutes of Health [Grant XXXX].  
Multiple grant numbers should be separated by a comma and a space. Where the research was supported by more than one agency, the different agencies should be separated by a semi-colon with "and" before the final funder.

This work was supported by the Wellcome Trust [Grants XXX, YYY]; and the National Institutes of Health [Grants ZZZ, AAA].

Funding from these agencies may not be cited without a grant number.

When one or more authors are NIH employees, the following footnote must be included:

This research was supported [in part] by the Intramural Research Program of the National Institutes of Health [name of institute].

- o disclosure of any personal or financial support or author involvement with organization(s) with financial interest in the subject matter – or any actual or potential conflict of interest – and if no conflicts exist, a statement to that effect must be included for each author.

[Note: The corresponding author is responsible for providing the current e-mail addresses for all coauthors so that they can receive notification to complete an electronic Author Agreement/Conflict of Interest disclosure form. In addition, the corresponding author is responsible for summarizing the COI disclosures for all authors on the title page of the manuscript. A separate statement is required for each author, eg, Dr. Smith has no conflicts of interest to disclose. Dr. Jones has no conflicts of interest to disclose. Dr. Weston has received an honorarium from GlaxoSmithKline.]

#### **Abstract**

Provide a structured abstract not to exceed 250 words for Original Research (See Tables 1 and 2 for guidance on preparing Abstracts for other sections). Structured abstracts should consist of four sections, labeled as Background, Methods, Results, and Conclusions. For a more detailed explanation of how to structure the sections, see Foote.<sup>1</sup> The sections should briefly describe, respectively, the problem being addressed in the study, how the study was performed (including numbers of patients or laboratory subjects), the significant results, and what the authors conclude from the results. The abstract should include the number of patients or number of laboratory animals used in the study. For all clinical trials (see [Journal Publication Policies and Procedures](#)), the clinical trial registry name and registration number must be stated at the end of the Abstract as a final paragraph.

Please be sure that you include the Abstract in the manuscript file that you upload to ScholarOne Manuscripts in addition to pasting it into the Abstract field during the submission process.

#### **Abbreviation List**

On a separate page in your manuscript, please provide an alphabetical list of all abbreviations used in the paper, followed by their full definitions. Each abbreviation should be expanded at first mention in the text and noted parenthetically after expansion. To facilitate reader comprehension, please use abbreviations sparingly.

#### **Body of Paper**

Subheads should be used to provide guidance for the reader; this format can be flexible, but the subheads in Original Research would ordinarily include sections such as Introduction, Methods and Materials, Results, and Discussion.

When mentioning products such as drugs or equipment, use the generic (nonproprietary) name, followed in parentheses by the brand or trade name, manufacturer name, and manufacturer location, as in the following example: The patient was treated with bilevel nasal positive pressure (BIPAP; Resprionics Inc; Murrysville, PA).

*Reporting information from randomized controlled trials.* Papers that are reports of results from randomized controlled trials should be registered (see "Abstracts" above and CHEST policies.). In addition, authors must follow the CONSORT statement checklist ([www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org)) checklist

and provide a CONSORT diagram as Figure 1 in their papers. A tool for generating this diagram is available at <https://sworipin.cirg.washington.edu/CSD/>.

See CHEST Policy Instructions for available checklists for other types of papers, eg, PRISMA for systematic reviews. Links to other checklists are available at <http://www.equator-network.org>.

#### Acknowledgments

Each Original Research paper must have an Acknowledgments section that describes the role of each author in the preparation of the manuscript. Each paper must have a section that provides information on the funding sources for the paper. Any person who contributed to the paper without qualifying for authorship should be acknowledged. If a professional medical writer or editor was used, the source of payment should be referenced.

#### References

Authors are responsible for the accuracy and completeness of citations. In text, references must be given as superscript numerals, numbered consecutively in the order in which they appear in the text.

The full citations must be listed on a separate sheet in numerical order at the end of the text. Each reference must contain, in order, the following: authors (last name, initials) [all listed if up to six; first three followed by "et al" in the case of more than six authors], title of article (lower case, no quotation marks), source (italicized), year of publication, volume, issue, and inclusive page numbers. No spaces should be used from the year of publication through the final page number. References to abstracts or letters may be included but must be noted as such. Abbreviations of journal names must conform to *Index Medicus* style (available online at <ftp://nimpubs.nlm.nih.gov/online/journals/l/web.pdf>). Please note that no periods should be used after authors' initials or after journal abbreviations; however, periods should be inserted after the publication name and at the end of each reference.

Following are examples of the most common formats.

#### Journal Article

1. Gillen MJH, Speksnijder CM, Eterman R-MA et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation of muscles of ambulation in patients with chronic heart failure: a systematic review of the English-language literature. *Chest*. 2009;136(1):44-61.
2. Barker E, Haverson K, Stokes CR, Birchall M, Bally M. The larynx as an immunological organ: immunological architecture in the pig as a large animal model.  *Clin Exp Immunol*. 2006;143(1):6-14.

#### Book

2. Shields TW, LoCicero J III, Reed CE, Felts RH. *General Thoracic Surgery*. 7th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2009:200-232.

#### Book Chapter

3. Stone AC, Kilinger JR. The right ventricle in pulmonary hypertension. In: Hill NS, Farber HW, eds. *Pulmonary Hypertension*. New York, NY: Humana Press; 2008:93-126.

#### Abstract

4. Garg N, Garg G, Christensen G, Singh A. Acute coronary syndrome caused by coronary artery mycotic aneurysm due to methicillin-resistant *staphylococcus aureus* [abstract]. *Chest*. 2008;134(suppl):1001S.

For assistance in formatting other types of references, please refer to the *American Medical Association (AMA) Manual of Style*.<sup>2 (p 39-60)</sup>

To ensure the quality of scientific literature, each author should check their reference list against the PubMed list of retracted articles (go to [pubmed.gov](http://pubmed.gov), find the "Special Queries" in the left-hand toolbar, and scroll down to "Retracted Articles" to find the current list). If an article has been retracted, it should not be cited.

**Figure Legends**

All illustrations must be cited in consecutive numerical order within the text of the manuscript. A legend for each illustration should be provided on a separate page of the manuscript, not on the figure itself. Please identify stains and magnifications for all photomicrographs.

If permission was needed for a figure, please acknowledge the source in the caption and provide the full reference in the reference list. If there is a possibility that an individual can be identified, CHEST must receive a copy of the release, and a statement that permission to use the image was granted should be in the caption.

**Tables**

Tables should be self-explanatory and should not duplicate textual material. They must be numbered and cited in consecutive order in the text, and each must have a succinct title, and (where appropriate) a legend describing abbreviations and footnotes at the bottom of the table. See past issues for guidance on how to format footnotes. Tables consisting of more than 10 columns are unacceptable. It is important to keep tables concise and easy to synthesize.

**FIGURES**

Figures should be professionally designed or photographed. They should be saved (by scanning if necessary), as .tiff, .jpg, or Powerpoint (.ppt) formats at these resolutions: 1200 dpi for line art (eg., graphs, drawings that have no gray tones), 300 dpi for black and white and color photographs with no labeling, and 500 dpi for combination figures (photographs with labeling).

You can check the quality of your figures at Digital Expert at <http://dx.sheridan.com/online/rgb/>

Signed statements of consent to publish their image must accompany a photograph if there is a possibility the subject could be identified.<sup>2 (p124)</sup>

If an image must be manipulated to show detail, the manipulation should be applied to the entire figure; it is not acceptable to adjust specific elements of a figure. Any manipulation to the figure must be disclosed and explained in the caption.

**Color Figures—updated March 2010**

CHEST encourages the inclusion of color illustrations and will share the expense of reproduction and printing. The author's share of this cost is \$500 per color figure (images may be combined into one multipart figure [eg, Figure 1A-D] to minimize cost). When submitting a color figure, please indicate in CHEST ScholarOne Manuscripts that it is to be published in color. By specifying that you want to publish a figure in color, you agree to share the reproduction costs. Because color may be an integral part of the understanding of a figure, if a color figure is submitted, the Editor in Chief may, at his discretion, stipulate that payment for color is a condition for acceptance, even if you have not indicated that you agree to pay at the time of submission.

Please do not send payment with the submission; the corresponding author will be sent an e-mail verifying the final costs upon acceptance, and must agree to them before CHEST will proceed with production. These costs will be invoiced once an article has been accepted to CHEST. Payment of color charges is expected before publication can be finalized.

**SUPPORTING MATERIAL****Online-Only Material**

CHEST accepts and publishes online-only material. See link at [http://chestjournal.chestpubs.org/site/misc/Supplemental\\_material.pdf](http://chestjournal.chestpubs.org/site/misc/Supplemental_material.pdf) for guidance.

**Permissions Updated 3/2010**

When use of tables and figures from copyrighted sources is necessary, authors should (1) obtain permission for all print, online and licensed uses from the copyright holder (usually the publisher); (2) provide copies of the permission with their submissions (use "supplemental material" as the file type when uploading into CHEST ScholarOne Manuscripts); (3) acknowledge the source in the caption; (4) provide the full citation in the reference list; and (5) ensure that any language requirements of the copyright holder have been met (eg, "Reproduced with permission from XXX"). If the copyright holders ask for payment, it is the responsibility of the authors to pay any fees.

**Proper Use of Survey Instruments/Questionnaires Updated 3/2010**

Many papers submitted to CHEST are based on survey instruments/questionnaires. It is the responsibility of researchers to know if the survey instrument they use is copyrighted and, if so, to comply with the copyright terms.

If a copyrighted survey instrument has been used, authors are responsible for receiving permission to use the survey from the copyright holders. It is generally unacceptable to adapt surveys, and especially unacceptable without the permission of the developer(s) of the survey.<sup>4</sup> A copy of the permission to use a copyrighted survey must be attached with the manuscript submission (attach it as "supplemental material" in the file upload area).

Surveys that have been translated must be validated and undergo a new psychometric analysis. Authors should confirm that a translated survey has been so validated.

**JOURNAL SECTIONS**

For a complete list of current sections for CHEST, see Tables 1 and 2. Authors should review the information in these tables, because requirements differ among the various sections. For example, each section contains its own maximum length requirements. Special instructions for many sections can be found at <http://chestjournal.chestpubs.org/site/misc/fora.xhtml>.

**REFERENCES**

1. Foote M. Some concrete ideas about manuscript abstracts. *Chest*. 2006;129(5):1375-1377.
2. JAMA and Archives Journals. *American Medical Association manual of style: a guide for authors and editors*. 10th ed. New York, NY: Oxford University Press.

See <http://chestjournal.chestpubs.org/site/misc/fora.xhtml> (general information for Authors page) for more detailed guidance on specialized sections.

**Table 1—Current unsolicited sections of CHEST and maximum length requirements (As of January 2010)**

Section	Abstract (words)	Text (words)*	References (No.)
Original Research	250	2500	50
Special Features	250	3500	75
Medical Ethics	250	3500	75
Selected/Case Reports	150	750	5
Commentary	250	2500	50
Transparency in Health Care			
Case Series/Reports	150	1600	20
Commentary	250	2500	50
Special Feature/Review	250	3500	50
Postgraduate Education Corner			
Chest Imaging and Pathology for Clinicians†	N/A	1600	20
Pulmonary and Critical Care Pearls‡	N/A	1200	10
Correspondence	N/A	400	5

\*Does not include title, abstract, or references. Refers to the body of the text.

†An approximate breakdown of the clinical, radiological, and pathological findings and discussion should be approximately 500 words. Whenever appropriate, plain chest radiographs should be included.

‡Case presentation 150 to 250 words, discussion 850 words, not counting pearls and references.

**Table 2—Current invited sections of CHEST and maximum length requirements (As of January 2010)**

Section	Abstract (words)	Text (words)*	References (No.)
Editorials	N/A	1000	12
Recent Advances in Chest Medicine	250	3500	75
Translating Basic Research into Clinical Practice	250	2500	50
Medical Ethics	250	3500	75
Topics in Practice Management	250	2500	30
Global Medicine	250	3500	75
Consensus Statements (and Clinical Practice Guideline Chapters)†	250	3500	75
Transparency in Health Care (can be invited)			
Case Series/Reports	150	1600	20
Commentary	250	2500	50
Special Feature/Review	250	3500	50
Postgraduate Education Corner			
Contemporary Reviews in Sleep Medicine	250	3500	75
Contemporary Reviews in Critical Care Medicine	250	3500	75
Case Records of the University of Colorado‡	N/A	N/A	N/A
Medical Writing Tip of the Month§	N/A	1500	7

Those wishing to submit to these sections should contact the Editor in Chief before they begin to write. CHEST strongly discourages inquiries from anyone but the submitting author/principal investigator; inquiries and requests should not come from third-party medical writers and medical writing companies.

\*Does not include title, abstract, or references. Refers to the body of the text.

†Clinical Practice Guidelines (CPG) and Consensus Statements are generated by the American College of Chest Physicians (ACCP) under well-defined development guides (see <http://www.chestnet.org/accp/guidelines> for more information on CPG and

<http://www.chestnet.org/accp/consensus-statements> for Consensus Statements). Authors and organizations outside of the ACCP are generally discouraged from submitting CPG or Consensus Statements to CHEST. If the authors strongly believe that CHEST is the proper forum for publishing these types of papers, at a minimum authors should 1) review the existing and in-process CPG and Consensus Statements from ACCP (available at the Web sites above) to ensure that they are not duplicating ACCP statements, 2) contact the Editor in Chief of CHEST before embarking on such projects, and 3) be willing to use the same grading system and format as followed by ACCP CPG and Consensus Statements. CHEST will likely have any such submissions evaluated by the relevant ACCP Committees as part of the review process.

‡Submitted by Section Editor.

§Submitted by professional medical writers and CHEST editors.

**For more information, please contact:**

**Editorial Department, CHEST**

3300 Dundee Road

Northbrook, IL 60062-2348

Telephone: (847) 498-1400

Fax: (847) 498-5460

E-mail: [Editor@chestnet.org](mailto:Editor@chestnet.org)