

**Isabela Maria Braga Sclauser Pessoa**

**VALORES DE REFERÊNCIA PARA A FORÇA MUSCULAR  
RESPIRATÓRIA: metodologia recomendada por diretrizes  
internacional e brasileira**

**Belo Horizonte**

**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG**

**2013**

**Isabela Maria Braga Sclausen Pessoa**

**VALORES DE REFERÊNCIA PARA A FORÇA MUSCULAR  
RESPIRATÓRIA: metodologia recomendada por diretrizes  
internacional e brasileira**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Ciências da Reabilitação, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Ciências da Reabilitação.

**Área de concentração:** Desempenho Funcional Humano.

**Orientadora:** Profa. Dra. Verônica Franco Parreira.

**Co-orientador:** Prof. Dr. Miquel Houri Neto.

**Belo Horizonte**

**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG**

**2013**

P475t Pessoa, Isabela Maria Braga Sclauser  
2013 Valores de referência para a força muscular respiratória: metodologia recomendada por diretrizes internacional e brasileira. [manuscrito] / Isabela Maria Braga Sclauser. – 2013.

169 f., enc.:il.

Orientadora: Verônica Franco Parreira

Co-orientador: Miguel Hourí Neto

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 144- 52

1. Músculos respiratórios- Testes - Teses 2. Valores de referência (Medicina) - Teses. 3. Testes funcionais dos pulmões – Teses. 4. Brasil – Valores de referência (Medicina) I. Parreira, Verônica Franco. II. Hourí Neto, Miguel. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

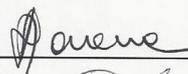
CDU: 154.943

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS EM REABILITAÇÃO  
DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONAL - Desempenho Funcional Humano  
SITE: [www.eeffto.ufmg.br/mreab](http://www.eeffto.ufmg.br/mreab) E-MAIL: [mreab@eeffto.ufmg.br](mailto:mreab@eeffto.ufmg.br) FONE/FAX: (31) 3409-4781

ATA DE NÚMERO 21 (VINTE E UM) DA SESSÃO DE ARGUIÇÃO E DEFESA DE  
TESE APRESENTADA PELA CANDIDATA **ISABELA MARIA BRAGA SCLAUSER  
PESSOA** DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA  
REABILITAÇÃO.....

Aos 21 (vinte e um) dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e treze, realizou-se na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, a sessão pública para apresentação e defesa da Tese de Doutorado intitulada: "**VALORES DE REFERÊNCIA PARA A FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA: METODOLOGIA RECOMENDADA POR DIRETRIZES INTERNACIONAL E BRASILEIRA**". A comissão examinadora foi constituída pelos seguintes Professores Doutores: Verônica Franco Parreira, Armêle Dornelas de Andrade, Danielle Aparecida Gomes Pereira, Karla Morgana Pereira Pinto de Mendonça, Marcelo Velloso e Miguel Houri Neto, sob a Presidência da primeira. Os trabalhos iniciaram-se às 09 horas com apresentação oral da candidata, seguida de arguição dos membros da Comissão Examinadora. Após avaliação, os examinadores consideraram a candidata **aprovada e apta a receber o título de Doutor após a entrega da versão definitiva da Tese**. Nada mais havendo a tratar, eu, Eni da Conceição Rocha, secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação dos Departamentos de Fisioterapia e de Terapia Ocupacional da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada será assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 21 de fevereiro de 2013.

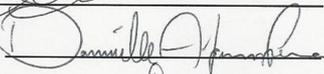
Professora Dra. Verônica Franco Parreira



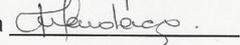
Professora Dra. Armêle Dornelas de Andrade



Professora Dra. Danielle Aparecida Gomes Pereira



Professora Dra. Karla Morgana Pereira Pinto de Mendonça



Professor Dr. Marcelo Velloso

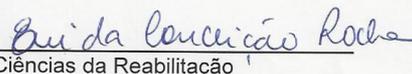


Professor Dr. Miguel Houri Neto



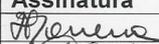
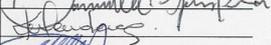
Eni da Conceição Rocha – SIAPE: 010400893

Secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação



**PARECER**

Considerando que a Tese de Doutorado de **ISABELA MARIA BRAGA SCLAUSER PESSOA** intitulada **“VALORES DE REFERÊNCIA PARA A FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA: METODOLOGIA RECOMENDADA POR DIRETRIZES INTERNACIONAL E BRASILEIRA”**, defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, nível: Doutorado cumpriu sua função didática, atendendo a todos os critérios científicos, a Comissão Examinadora **APROVOU** a Tese de Doutorado, conferindo-lhe as seguintes indicações:

Nome do Professor (a)/Banca	Aprovação	Assinatura
Profa Dra. Verônica Franco Parreira	Aprovada	
Profa. Dra. Armêle Dornelas de Andrade	Aprovada	
Profa. Dra. Danielle Aparecida Gomes Pereira	APROVADA	
Profa. Dra. Karla Morgana Pereira Pinto de Mendonça	Aprovada	
Prof. Dr. Marcelo Velloso	Aprovada	
Prof. Dr. Miguel Hourí Neto	APROVADO	

Belo Horizonte, 21 fevereiro de 2013.

**Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação/EEFFTO/UFMG**

  
 Prof. MARCELO VELLOSO  
 Sub-coordenador do Colegiado  
 Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação  
 Inscrição UFMG:192430 Inscrição SIAPE:1530729

*Dedico este trabalho*  
*À luz da minha Vida...*  
*Minha filha, **Beatriz**.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte de luz e energia, que nos possibilita superar os desafios e realizar sonhos.

Agradeço imensamente à minha orientadora, Verônica Franco Parreira, que acreditou em mim e me conduziu com excelência e de forma materna nesses quatro anos de trajetória. Sua compreensão e amizade tornaram os momentos difíceis mais leves e superáveis. Obrigada por seus ensinamentos acadêmicos e de vida.

Agradeço ao meu co-orientador, Miguel Houri Neto, por aceitar esse desafio, confiar em mim e me conduzir brilhantemente no “mundo estatístico” de forma serena e confortável.

Agradeço à prof<sup>a</sup> Darlene Reid, pelos ensinamentos científicos e pela inesquecível acolhida à minha família em Vancouver.

Agradeço ao prof<sup>o</sup> Marcelo Velloso, à equipe de alunos e aos pacientes do Programa de Reabilitação Pulmonar, pelos momentos enriquecedores de aprendizado acadêmico e pessoal.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação, em especial as professoras Raquel Britto e Danielle Gomes, que participaram da minha formação, agradeço pelos ensinamentos e apoio.

Agradeço ao meu amor, Juninho, pelo apoio diário e por sua imensa generosidade para com as nossas vidas. Sem a sua parceria essa conquista não aconteceria de forma tão enriquecedora. Sua serenidade, sua objetividade e seu carinho foram fundamentais.

Agradeço aos meus pais, Miguel Sclausser e Maria do Carmo Sclausser, aos irmãos, Marcelo Sclausser e Juliana Sclausser, minha Grande Família. Tenho um imenso orgulho de vocês! A vocês agradeço o imensurável carinho e notável torcida em

todos os desafios que me propus realizar. Agradeço a minha cunhada, Renata Silveira Sclauser, ao meu cunhado, Aroldo Basílio, às minhas afilhadas, Mariana Sclauser Helena Sclauser e Lívia Sclauser, pelo apoio, pelo incentivo e pelos momentos de descontração e alegria. A todos os meus familiares obrigada pela torcida!

Agradeço à Vanda Costa, minha fiel escudeira, por cuidar carinhosamente do meu bem mais precioso nos momentos que me ausentei.

Agradeço a todos os voluntários pela confiança e participação. Sem a disponibilidade de vocês esse trabalho não existiria.

Agradeço a todos aqueles que, carinhosamente, me ajudaram a obter os voluntários para essa pesquisa.

À Paróquia Maria Serva do Senhor, representada na figura do padre João Carlos da Silva, agradeço a oportunidade e a confiança em proporcionar-me um espaço físico para a coleta dos dados.

Agradeço às generosas e adoráveis pessoas que caminharam ao meu lado nessa conquista: Dani França, Dani Soares, Susan Lage, Mariana Coutinho, Cristina Martins, Liliane Mendonça, Bruna Vieira, Luiza Amaral, Giane Ribeiro, Loliza Chalub e Marina Pinheiro. Em especial, à amiga Dayanne Montemezzo, que está ao meu lado me auxiliando, com sua forma doce de ser, desde o início do Doutorado e que dividiu comigo o momento mais enriquecedor e desafiador dessa trajetória. Obrigada pelo apoio e pela sinceridade da sua amizade.

Por fim, agradeço aos funcionários do Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional e da Biblioteca da EEEFTO pela assistência oferecida nessa trajetória.

*“Ensinar é um exercício de imortalidade. De alguma forma continuamos a viver naqueles cujos olhos aprendem a ver o mundo pela magia da nossa palavra. O professor, assim, não morre jamais...”*

**Rubem Alves**

## RESUMO

No sistema respiratório, a força dos músculos respiratórios (FMR) é refletida pela pressão desenvolvida por esses músculos a qual comanda a ventilação. Nas manobras clássicas de avaliação da FMR, os indivíduos geram pressões inspiratórias e expiratórias máximas (respectivamente, P<sub>Imáx</sub> e P<sub>Emáx</sub>) contra uma peça bucal ocluída gerando as pressões respiratórias estáticas máximas (PRM). A pressão inspiratória nasal durante o fungar (*sniff nasal inspiratory pressure*, SNIP) derivada do *sniff* teste é uma manobra dinâmica de avaliação da força muscular inspiratória máxima. Retratar a FMR por meio de medidas válidas e interpretá-las corretamente é essencial para o diagnóstico de fraqueza muscular respiratória e para a monitorização de intervenções fisioterápicas. No entanto, há uma notável variabilidade entre os valores de referência propostos para as PRM, decorrente de fatores individuais e/ou metodológicos inerentes a cada estudo, o que torna a sua aplicabilidade questionável. No intuito de contornar essa variabilidade a *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society* (ATS/ERS) e a Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT) recomendam padronizações metodológicas. O objetivo geral desta Tese foi retratar a força muscular respiratória em uma amostra da população adulta de Belo Horizonte/MG com idade entre 20 a 89 anos seguindo as recomendações metodológicas da ATS/ERS e SBPT; incluindo a descrição de valores de referência e equações de predição. Para atingir este objetivo foram desenvolvidos os quatro estudos que compõem esta Tese. O primeiro estudo teve como objetivo específico avaliar a qualidade metodológica e fazer uma síntese dos estudos que criaram valores de referência para a P<sub>Imáx</sub> em adultos a partir da realização de revisão sistemática com meta-análise. Foi verificada uma baixa qualidade metodológica e uma heterogeneidade entre os valores da P<sub>Imáx</sub> nos seis estudos que foram incluídos na meta-análise, confirmando a variabilidade dos valores de referência reportados na literatura. A meta-análise forneceu valores de referência, criados a partir do mais amplo e representativo grupo étnico, que podem ser extrapolados para a população geral em virtude do método estatístico utilizado. Os objetivos do segundo estudo foram verificar o número de manobras necessárias para que o indivíduo alcance o desempenho máximo durante as medidas das PRM, bem como comparar os valores pressóricos selecionados a partir

do emprego dos protocolos propostos pelas recomendações da ATS/ERS, da SBPT, e pelo protocolo proposto nesta Tese. Os resultados desse estudo sugeriram ser necessário um maior número de manobras para se atingir o critério de reprodutibilidade proposto por essa Tese em relação aos demais critérios avaliados; e que a utilização do critério proposto resultou na obtenção de valores pressóricos significativamente maiores para as PRM reafirmando, assim, o efeito aprendido dos testes da FMR. O terceiro estudo teve por objetivo avaliar as propriedades psicométricas (reprodutibilidade teste-reteste e a validade concorrente) das PRM e da SNIP obtidas por meio do manovacuômetro desenvolvido pelo Núcleo de Estudos e Pesquisa em Engenharia Biomédica (NEPEB) em parceria com o Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) da UFMG. Os resultados desse estudo demonstraram que a avaliação da FMR em indivíduos saudáveis com o manovacuômetro UFMG apresentou valores adequados de confiabilidade teste reteste e validade concorrente. O quarto estudo dessa Tese teve por objetivo propor equações preditivas, estabelecer valores médios preditos e limites inferiores de normalidade estratificados por sexo e faixa etária para as PRM e para a SNIP seguindo recomendações propostas pela ATS/ERS e SBPT em uma amostra da população adulta de Belo Horizonte/MG com idade entre 20 a 89 anos. Foram apresentados os valores médios observados, preditos e limites inferiores das PRM e da SNIP de acordo com a idade e sexo e foram propostas equações preditivas para as medidas de FMR. Todos os voluntários apresentaram função pulmonar normal, ausência de déficit cognitivo (voluntários acima de 60 anos), índice de massa corporal que não caracterizasse desnutrição ou obesidade. Em relação ao poder preditivo das equações de FMR, no modelo da  $PI_{máx}$ , a combinação entre sexo, idade e peso resultou em um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 34% [ $PI_{máx} = 63,27 - 0,55 (idade) + 17,96 (sexo) + 0,58 (peso)$ ]; no modelo da  $PE_{máx}$ , idade e  $idade^2$ , sexo, circunferência abdominal em um  $r^2$  de 49% [ $PE_{máx} = - 61,41 + 2,29 (idade) - 0,03 (idade^2) + 33,72 (sexo) + 1,40 (cintura)$ ] e no modelo da SNIP, idade, circunferência abdominal e aptidão física em um  $r^2$  de 21% [ $SNIP = 46,44 - 0,52 (idade) + 0,86 (cintura) - 10,51 (aptidão física)$ ]. Observou-se nesse estudo que as características físicas explicaram menos de 50% da variação da FMR. A medida da FMR obtida por testes volitivos sofre a influência das variáveis biológicas, inerentes a cada indivíduo, levando à instabilidade das medidas verificada pelos altos coeficientes de variação dentro de uma mesma faixa etária e sexo. Aspectos

metodológicos concernentes ao teste também são responsáveis pela diversidade dos valores de referências reportados, destacando-se o efeito aprendido da medida. Com o intuito de contornar os fatores que influenciam a medida da FMR recomenda-se um controle maior das variáveis biológicas que podem influenciar diretamente essas medidas e o cumprimento das recomendações metodológicas recomendadas por diretrizes vigentes de teste dos músculos respiratórios.

**Palavras-chave:** Músculos Respiratórios; Valores de Referência; Testes de Função Respiratória; Reprodutibilidade dos Testes; Validade dos Testes.

## ABSTRACT

In the respiratory system, the respiratory muscle strength (RMS) is reflected by the pressure developed by these muscles which controls the ventilation. In classic maneuvers assessment of the RMS individuals generate maximum inspiratory and expiratory pressures (respectively, MIP and MEP) against an occluded mouthpiece generating the maximal static respiratory pressures (PRM). The sniff nasal inspiratory pressure (SNIP) is a dynamic maneuver assessment of maximal inspiratory muscle strength. Describe the RMS through measures valid and interpret them correctly is essential for the diagnosis of respiratory muscle weakness and monitoring of physiotherapy interventions. However, there is a remarkable variability between the reference values proposed for the PRM, due to individual factors and / or methodological inherent in each study, making its applicability questionable. In order to overcome this variability the American Thoracic Society and European Respiratory Society (ATS/ERS) and the Brazilian Society of Thoracic Association (SBPT) recommend methodological standardization. The general objective of this thesis was to describe the respiratory muscle strength in a sample of adults from Belo Horizonte/MG with aged between 20 to 89 years following the methodological recommendations of the ATS/ERS and SBPT, including the description of reference values and prediction equations. To achieve this objective we have developed the four studies that comprise this thesis. The first study aimed to evaluate the specific methodological quality and to summarize the studies that have established reference values for MIP in adults from performing a systematic review and meta-analysis. We verified a low methodological quality and a remarkable heterogeneity between MIP values in the six studies that were included in the meta-analysis, confirming the variability of the reference values reported in the literature. The meta-analysis provided references values, created from the broader and representative ethnic group, which can be extrapolated to the general population because of the statistical method used. The objectives of the second study was to determine the number of maneuvers required for the individual to reach peak performance during the PRM measures and compare the pressure values selected from the employment of the protocols proposed by the ATS/ERS, SBPT, and the protocol proposed in this thesis. The results of this study suggest the need for a greater number of maneuvers to

reach the criterion of reproducibility proposed by this thesis in relation to other criteria evaluated, and that using the proposed criteria resulted in achieving higher pressure values for PRM reaffirming thus, the effect of learning tests RMS. The third study was to evaluate the psychometric properties (test-retest reliability and concurrent validity) of PRM and SNIP obtained through the manometer developed by the Núcleo de Estudos e Pesquisa em Engenharia Biomédica (NEPEB) in partnership with the Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) UFMG. The results of this study demonstrated that the assessment of RMS in healthy subjects with manovacuumeter UFMG values were adequate test-retest reliability and concurrent validity. The fourth study in this thesis aimed to propose predictive equations, average values and lower limits of predicted normal data variations due to sex and age for the PRM and the SNIP, following recommendations made by the ATS/ERS and SBPT in a sample of adult population of Belo Horizonte/MG whit aged between 20 to 89 years. The mean values were observed, and predicted limits inferior PRM and SNIP according to age and sex and were proposed predictive equations for measures of RMS. All volunteers had normal lung function, absence of cognitive deficit (volunteers over 60 years), body mass index than non-featured malnutrition or obesity. Regarding the predictive power of the equations of FMR, the MIP model, the combination of sex, age and weight resulted in a coefficient of determination ( $r^2$ ) of 34% [ $MIP = 63.27 - 0.55 (\text{age}) + 17,96 (\text{sex}) + 0.58 (\text{weight})$ ], the model of MEP, age and  $\text{age}^2$ , sex, waist circumference in an  $r^2$  of 49% [ $MEP = - 61.41 + 2.29 (\text{age}) - 0,03 (\text{age}^2) + 33.72 (\text{sex}) + 1.40 (\text{waist})$ ] and the model of SNIP, age, waist circumference and physical fitness in an  $r^2$  of 21% [ $SNIP = 46.44 - 0.52 (\text{age}) + 0.86 (\text{waist}) - 10.51 (\text{physical fitness})$ ]. It was noted in this study explained that the physical less than 50% variation in RMS. The measure of FMR obtained by volitional tests is influenced by the biological variables, inherent to each individual, leading to instability of the measures verified by high coefficients of variation within the same age and sex. Methodological aspects concerning the test also are responsible for the diversity of values references reported, highlighting the learning effect of the measure. In order to circumvent the factors influencing the extent of RMS recommended greater control of biological variables that can directly influence these measures and compliance with the methodological recommendations recommended by current guidelines for testing of respiratory muscles.

**Keywords:** Respiratory Muscles; Reference Values; Respiratory Function Tests; Reproducibility of Results; Validity of Tests.

## SUMÁRIO

<b>PREFÁCIO</b> .....	16
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.1 <b>Força muscular respiratória</b> .....	18
1.2 <b>Contextualização da medida das pressões respiratórias máximas</b> .....	21
1.3 <b>Fatores individuais e metodológicos que interferem nas pressões respiratórias máximas</b> .....	22
1.4 <b>Valores de referência da força muscular respiratória</b> .....	26
1.4.1 Estudos brasileiros sobre valores de referência da força muscular respiratória .....	30
1.5 <b>Justificativa</b> .....	35
1.6 <b>Objetivos</b> .....	35
1.6.1 Objetivo geral .....	35
1.6.2 Objetivos específicos.....	36
<b>2 MATERIAIS E MÉTODO</b> .....	37
2.1 <b>Local de realização</b> .....	37
2.2 <b>Aspectos éticos</b> .....	37
2.3 <b>Instrumentos de medida principais</b> .....	38
2.3.1 Manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG).....	38
2.3.2 Manovacuômetro digital (Micromedical) .....	43
2.4 <b>Instrumentos de medida complementares</b> .....	45
2.4.1 Espirômetro .....	46
2.4.2 Oxímetro de pulso .....	46
2.4.3 Esfigmomanômetro e estetoscópio .....	46
2.4.4 Mini exame do estado mental (MEEM).....	47
2.4.5 Balança mecânica e digital portátil .....	47
2.4.6 Estadiômetro .....	48
2.4.7 Bioimpedância elétrica .....	48
2.4.8 Refratômetro .....	49
2.4.9 Medida da circunferência abdominal e do quadril e a razão cintura-quadril.....	50
2.5 <b>Procedimentos</b> .....	50
<b>3 ARTIGO 1</b> .....	51

<b>4</b>	<b>ARTIGO 2</b> .....	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>ARTIGO 3</b> .....	<b>90</b>
<b>6</b>	<b>ARTIGO 4</b> .....	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>141</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>144</b>
	<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>153</b>
	<b>APÊNDICE B</b> .....	<b>156</b>
	<b>APÊNDICE C</b> .....	<b>157</b>
	<b>APÊNDICE D</b> .....	<b>159</b>
	<b>ANEXO A</b> .....	<b>162</b>
	<b>ANEXO B</b> .....	<b>163</b>

## PREFÁCIO

Esta Tese de Doutorado foi elaborada de acordo com as normas estabelecidas pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) aprovadas em 21 de Agosto de 2012.

O primeiro capítulo contém a introdução com uma revisão bibliográfica sobre o tema, a problematização, a justificativa e o objetivo do estudo.

No segundo capítulo, materiais e método, são descritas as medidas, instrumentos e os procedimentos utilizados nos estudos que compuseram esta Tese.

O terceiro capítulo apresenta o primeiro artigo da Tese, intitulado “**Maximal Inspiratory Pressure: a systematic review**”. Este artigo teve por objetivo avaliar a qualidade metodológica e fazer uma síntese dos estudos que criaram valores de referência para a pressão inspiratória máxima em adultos a partir da realização de uma revisão sistemática com meta-análise. Este artigo foi submetido ao periódico *Respiratory Medicine* em dezembro de 2012.

O quarto capítulo apresenta o segundo artigo da Tese, intitulado “**Efeito aprendido e pressões respiratórias máximas: comparação de três protocolos**”. Este artigo teve por objetivo avaliar o número de manobras necessárias para que o indivíduo alcance o desempenho máximo durante as medidas das pressões respiratórias máximas, bem como comparar os valores pressóricos selecionados a partir do emprego dos critérios de reprodutibilidade propostos pelas recomendações da *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society*, da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia, assim como, pelo protocolo proposto pelos autores. Este artigo foi submetido ao periódico *Revista Brasileira de Fisioterapia* em novembro de 2012.

O quinto capítulo apresenta o terceiro artigo da Tese, intitulado “**Avaliação das propriedades psicométricas do manovacuômetro digital desenvolvido pela**

**Universidade Federal de Minas Gerais**". Este artigo teve por objetivo avaliar as propriedades psicométricas das medidas obtidas a partir do manovacuômetro digital desenvolvido pelo Núcleo de Estudos e Pesquisa em Engenharia Biomédica (NEPEB) em parceria com o Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) da Universidade Federal de Minas Gerais. Este artigo será encaminhado ao periódico *Fisioterapia e Pesquisa*.

O sexto capítulo apresenta o quarto artigo da Tese, intitulado "**Valores de referência para a força muscular respiratória segundo diretrizes internacional e brasileira**". Este estudo teve por objetivo propor equações preditivas, estabelecer valores médios preditos e limites inferiores de normalidade estratificados por sexo e faixa etária para as PRM e para a SNIP, seguindo recomendações propostas pela ATS/ERS e SBPT em uma amostra da população adulta de Belo Horizonte/MG com idade entre 20 e 89 anos. Após formatação será encaminhado ao periódico *Respiratory, Physiology and Neurobiology*.

No sétimo capítulo são apresentadas as considerações finais relacionadas aos resultados encontrados e, em seguida, são apresentadas as referências, os apêndices e os anexos.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Força muscular respiratória

No sistema respiratório a força dos músculos respiratórios (FMR) é refletida pela pressão desenvolvida por esses músculos (pressão motriz do sistema respiratório) a qual comanda a ventilação (NEDER *et al.*, 1999; ATS/ERS, 2002). A ventilação desempenha um papel na adequação das trocas gasosas externas, a principal função pulmonar (NEDER *et al.*, 1999). Segundo Ringqvist (1966), a medida da FMR é investigada pelos pesquisadores desde 1730.

A relação entre a força gerada pelos músculos respiratórios e a pressão produzida depende do volume pulmonar no qual a manobra foi realizada (*i.e.* a partir do volume residual (VR), da capacidade pulmonar total (CPT) e da capacidade residual funcional (CRF) (CHEN; KUO, 1989; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002). A pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório, que resulta da soma algébrica das pressões de retração elástica dos pulmões e da caixa torácica, é acrescida na pressão obtida pelo teste, contribuindo para o aumento de aproximadamente 30 cmH<sub>2</sub>O ou 40 cmH<sub>2</sub>O, dependendo do volume pulmonar em que a manobra foi realizada (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; EVANS; WHITELAW, 2009). Embora a medida da FMR não reflita somente as propriedades contráteis desses músculos, ela é considerada uma medida útil por refletir a fraqueza global dos músculos respiratórios para avaliação clínica e estudos fisiológicos (ATS/ERS, 2002; EVANS; WHITELAW, 2009).

A FMR pode ser avaliada por meio de manobras estáticas ou dinâmicas. Além disso, os testes disponíveis para avaliar a FMR podem ser volitivos ou não. Testes volitivos são aqueles que dependem da compreensão e da colaboração dos sujeitos em teste (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002).

As manobras clássicas de avaliação da FMR são aquelas nas quais os sujeitos geram esforços inspiratórios (P<sub>Imáx</sub>) (manobra de Mueller) e expiratórios estáticos máximos (PE<sub>máx</sub>) (manobra de Valsalva) contra uma peça bucal ocluída, gerando, assim, as pressões respiratórias estáticas máximas (PRM) (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002). As mensurações das PRM são rápidas e não invasivas, sendo a P<sub>Imáx</sub> o teste mais utilizado para avaliar a força dos músculos inspiratórios e a medida da PE<sub>máx</sub> o único teste disponível para a avaliação da força dos músculos expiratórios (SOUZA, 2002). Entretanto, apesar de essa medida ser simples, constitui-se em um teste volitivo, o que pode levar a imprecisão das avaliações e, conseqüentemente, a um diagnóstico incorreto (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002). Segundo Aldrich e Spiro (1995), valores reprodutíveis da P<sub>Imáx</sub> não garantem esforços máximos. Dessa forma, valores baixos podem refletir uma real fraqueza muscular ou uma perda de motivação e/ou coordenação do sujeito em teste (ALDRICH; SPIRO, 1995; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002).

As manobras dinâmicas de avaliação da FMR são definidas por gerarem mudanças rápidas de pressão, por isso requerem um sistema de medida de pressão que ofereça uma frequência de resposta acima de 10 Hz, maior do que o convencional para manobras estáticas (ATS/ERS, 2002). Um exemplo de teste que requer uma manobra dinâmica é o *sniff* teste, o qual foi descrito pela primeira vez por Hitzenberger<sup>1</sup> (1927, *apud* ATS/ERS, 2002) como um exame radiológico para confirmação de paralisia diafragmática. Para a realização do *sniff* teste é solicitada uma inspiração máxima pelas narinas, de forma invasiva (com o uso de um balão esofágico e/ou balão gástrico) ou não invasiva (com o uso de um plugue nasal). As manobras invasivas do *sniff* teste são as pressões transdiafragmática e esofágicas durante o fungar. A pressão transdiafragmática durante o *sniff* teste reflete a força diafragmática, e a pressão esofágica reflete a integridade das pressões dos músculos inspiratórios da caixa torácica (pressão intra-pleural) (ATS/ERS, 2002). Um exemplo de manobra dinâmica e não invasiva é a medida da pressão inspiratória nasal durante o fungar (*sniff nasal inspiratory pressure*, SNIP).

---

<sup>1</sup> Hitzenberger K. Das Zwerchfell in gedunden und beranben Zustand. Vienna, Austria:Springer; 1927

A SNIP é uma manobra na qual os sujeitos geram um pico de pressão nasal pela narina ocluída (por um plugue) durante uma inspiração máxima realizada através da narina contra-lateral (livre), a partir da CRF (HÉRITIER *et al.*, 1994; Uldry; Fitting, 1995; ATS/ERS, 2002). Também caracteriza-se por ser um teste volitivo, porém o tipo de ativação dos músculos respiratórios, a interface paciente/equipamento, o aprendizado e a realização são mais simples que a PImáx (ATS/ERS, 2002), assumindo ser um teste útil por quantificar o declínio da FMR em pacientes com fraqueza da musculatura orofacial, como na esclerose lateral amiotrófica (FITTING *et al.*, 1999; STEFANUTTI *et al.*, 2000). Hérítier *et al.* (1994) reportaram que a medida da SNIP provê uma estimativa confiável e não invasiva da pressão esofágica em voluntários saudáveis e em pacientes com disfunções neuromusculares ou esqueléticas.

Segundo Fitting (2006), a medida da SNIP gera, frequentemente, valores maiores do que os encontrados para a PImáx em decorrência da ativação neuromuscular mais completa, por ser uma manobra mais fácil e familiar ao indivíduo. Embora exista uma boa correlação entre ambas, quando medidas ao mesmo nível do volume pulmonar, a concordância entre elas é fraca e, por isso, não são considerados intercambiáveis e, sim, medidas complementares para a avaliação da força muscular inspiratória.

Segundo Nava *et al.* (1993), a SNIP e PImáx são similares em relação ao recrutamento relativo dos músculos inspiratórios da parede torácica (diafragma, esternocleidomastóideo, intercostais paraexternais), sendo a relação pressão esofágica/pressão transdiafragmática de 88% para a manobra de Mueller e 80% para o *sniff* teste; a pressão transdiafragmática durante a manobra de Mueller é menor, sugerindo maior ativação do diafragma durante o *sniff* teste e os intercostais paraesternais são ativados maximamente durante ambos os testes.

Steier *et al.* (2007) verificaram que a combinação de testes de força muscular inspiratória, como a mensuração da PImáx e da SNIP, aumenta a precisão do diagnóstico, reduzindo em 19% diagnósticos falso - positivos de fraqueza muscular inspiratória.

## 1.2 Contextualização da medida das pressões respiratórias máximas

Até a década de 1950, a grande variabilidade, entre os estudos, dos valores das PRM provocou o questionamento, por parte dos pesquisadores, sobre a utilidade desses testes (RINGQVIST, 1966). Shephard et al.<sup>2</sup> (1958, *apud* RINGQVIST, 1966) reportaram que a variabilidade dos dados até então registrados na literatura e a base teórica incerta dos mesmos desvalorizavam os testes das PRM.

Ringqvist (1966), considerando a pesquisa sobre as PRM de considerável interesse e pressupondo que problemas metodológicos poderiam explicar, em parte, as divergências na mensuração desse constructo até aquele momento, publicou um estudo clássico comprovando que as PRM são estimativas válidas e reproduzíveis da pressão intrapulmonar e que variações na força dos músculos respiratórios influenciam a capacidade ventilatória do indivíduo. Sendo assim, a medida das PRM é, desde então, indiscutivelmente, considerada uma ferramenta útil no diagnóstico concernente à função ventilatória e, em especial, na investigação de pacientes com diminuição da capacidade ventilatória onde outros testes indicativos de fatores causais fracassam ao dar resultados conclusivos, ou quando há uma razão direta para suspeitar a existência de uma diminuição da força muscular respiratória (RINGQVIST, 1966; EVANS; WHITELAW, 2009). A mensuração das PRM é indicada, também, em diferentes situações, tais como: no diagnóstico diferencial de dispneia, na avaliação de resposta ao treino dos músculos respiratórios, na avaliação pré-operatória da função dos músculos respiratórios, na avaliação da possibilidade de desmame da ventilação mecânica, na avaliação da eficácia da tosse (eliminação de secreção) e na avaliação da capacidade dos músculos respiratórios em diferentes disfunções (doença pulmonar obstrutiva crônica, asma, insuficiência respiratória, desnutrição, doenças neuromusculares e disfunções da caixa torácica) (ARORA; ROCHESTER, 1982; RODRIGUES; BÁRBARA, 2000; SOUZA, 2002).

---

<sup>2</sup> Shephard, R.J., Thomson, M.L., Carey, G.C. & Phair, J.J.: Field testing of pulmonary dynamics. J. Appl. Physiol. 13, 189, 1958.

Em busca da acurácia na medida das PRM, estudos começaram a ser realizados com manovacuômetros digitais a partir da década de 80 (SOUZA, 2002). Os instrumentos digitais apresentam algumas vantagens em relação aos analógicos, como, por exemplo, permitir a comunicação com *softwares*, possibilitando a visualização gráfica da curva da pressão *versus* tempo em tempo real, o que possibilita avaliar as pressões respiratórias durante toda a manobra de esforço máximo, além de apresentarem um intervalo operacional consideravelmente maior (ATS/ERS, 2002, RODRIGUES; BÁRBARA, 2000). No Brasil, os manômetros aneróides ainda são os mais utilizados na prática, embora apresentem algumas limitações: procedimentos de calibração complexos, faixa de intervalo operacional insuficiente conforme as características do indivíduo avaliado e dificuldade para identificar a leitura precisa da pressão que foi sustentada no período, principalmente em indivíduos que têm dificuldade em sustentar altas pressões por um segundo ou que geram grandes flutuações (BRUNETTO; FREGONEZZI; PAULIN, 2000; MONTEMEZZO *et al.*, 2010).

### **1.3 Fatores individuais e metodológicos que interferem nas pressões respiratórias máximas**

São muitos os fatores individuais já identificados que podem interferir nas PRM, tais como: o sexo, a idade, a altura, o peso, a capacidade de trabalho muscular ou aptidão física, o volume pulmonar em que foram feitas as medidas e o correspondente valor da pressão de recolhimento elástica do sistema respiratório, o tabagismo, o grau de escolaridade e de motivação do indivíduo (CHEN; KUO, 1989; ALDRICH; SPIRO, 1995; CARPENTER *et al.*, 1999; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002).

Ainda não há um consenso sobre a influência de determinados fatores individuais nas PRM, como, por exemplo, a altura. Em alguns estudos que criaram equações de predição da  $P_{lm\acute{a}x}$  a altura tem sido um preditor positivo, (WILSON *et al.*, 1984; JOHAN *et al.*, 1997) preditor negativo (HARIK-KHAN; WISE; FOZARD, 1998; JOHAN *et al.*, 1997; GOPALAKRISHNA *et al.*, 2011) ou não prediz a variável

dependente (BLACK; HYATT, 1969; VINCKEN; GHEZZO; COSIO, 1987; BRUSCHI *et al.*, 1992; ENRIGHT *et al.*, 1994; ENRIGHT *et al.*, 1995; PANDE *et al.*, 1998; NEDER *et al.*, 1999; HAUTMANN *et al.*, 2000; COSTA *et al.*, 2010, SIMÕES *et al.*, 2010). Na maioria dos estudos, o sexo e a idade são os dois fatores que mais consensualmente explicam as variações nas PRM, sendo as PRM maiores em homens, e mais baixas com o avanço da idade (VINCKEN; GHEZZO; COSIO, 1987; BRUSCHI *et al.*, 1992; PANDE *et al.*, 1998; NEDER *et al.*, 1999; ENRIGHT *et al.*, 1994; ENRIGHT *et al.*, 1995; HAUTMANN *et al.*, 2000). Segundo McConnell e Copestake (1998), o poder preditivo da idade, da altura e do peso analisados conjuntamente para estimar as PRM não explicaram mais do que 50% da variação da PImáx e da PEmáx.

Carpenter *et al.* (1999) realizaram um estudo sobre a PImáx em mais de 13.000 homens e mulheres afro-americanos e voluntários brancos, na faixa etária de 47 a 68 anos, os quais faziam parte de um estudo epidemiológico sobre o risco de aterosclerose. Os autores constataram uma diminuição de 7 a 9 cmH<sub>2</sub>O na PImáx de fumantes comparada à de homens ex-fumantes e nunca fumante; uma associação quadrática entre PImáx e variáveis indicadoras de obesidade (IMC, circunferência abdominal e peso); uma associação linear positiva de baixa magnitude e significativa com a altura em ambos os sexos ( $r < 0,15$ ); uma associação negativa e significativa com a idade em mulheres ( $r = - 0,21$ ) e em homens ( $r = - 0,24$ ), sendo uma diminuição de 0,93 cmH<sub>2</sub>O nas mulheres e de 1,2 cmH<sub>2</sub>O nos homens para cada aumento de 1 ano na idade, além de ter sido mostrada uma correlação positiva com o nível de atividade física, nível educacional e com o estado de saúde.

Por ser um teste volitivo, valores baixos, embora reprodutíveis, podem ser devidos à falta de motivação e não necessariamente à redução da força muscular inspiratória ou expiratória (ALDRICH; SPIRO, 1995). Quando submetidos a essas mensurações, alguns indivíduos saudáveis acham-nas difíceis, cansativas ou desconfortáveis. Isso explica, em parte, a excessiva amplitude das faixas de normalidade disponíveis (SOUZA, 2002). A dificuldade de realização dos testes é maior nos idosos, nos sujeitos com fraqueza ou paralisia dos músculos da face e nas pessoas com debilidade muscular nos membros superiores (SOUZA, 2002).

Além dos fatores individuais interferirem nos valores das PRM, fatores metodológicos, assim como alguns relativos à técnica, também podem influenciar os resultados dessas medidas, podendo ser citados: tipo de manômetro; tipo da interface; presença/dimensão do orifício de fuga; uso do clipe nasal, postura adotada durante os testes, instrução e encorajamento das manobras pelo técnico; número de manobras realizadas, o critério de reprodutibilidade das medidas selecionadas e a pressão selecionada para registro (KOULOURIS *et al.*, 1988; MAYOS *et al.*, 1991; FIZ *et al.*, 1992; HEIJDRÁ *et al.*, 1994; KARVONEN; SAARELAINEN; NIEMINEN, 1994; RODRIGUES; BÁRBARA, 2000; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; EVANS; WHITELOW, 2009; WOHLGEMUTH *et al.*, 2003; MONTEMEZZO *et al.*, 2012).

Os valores das PRM podem variar consideravelmente dependendo da decisão do avaliador em registrar a pressão de pico ou a pressão sustentada, também conhecida como pressão platô (SMYTH *et al.*, 1984; HAMNEGARD *et al.*, 1994). É consenso que a pressão platô assume um valor inferior à pressão de pico, porém, segundo Windisch *et al.* (2004), diferentes definições para a pressão platô podem, também, dificultar a comparação das pressões nos estudos. Alguns autores consideram a pressão platô aquela sustentada por pelo menos 1 segundo (VINCKEN; GHEZZO; COSIO, 1987; HAUTMANN *et al.*, 2000; SACHS *et al.*, 2009). Smyth *et al.* (1984) definem como pressão platô a pressão sustentada entre 1 a 3 segundos. Windisch *et al.* (2004) considera a pressão platô aquela sustentada por 0,5 segundo ou 1,0 segundo de manobra. Segundo Souza (2002) a pressão platô é obtida após terminado o 1º segundo de manobra. Para ATS/ERS (2002) a pressão platô é definida pela pressão média sustentada sobre 1 segundo que requer *software* específico para calculá-la. Para Evans; Whitelaw *et al.* (2009), ela representa o valor mais alto sustentado por algum período.

Com o intuito de padronizar o procedimento de medida das PRM, a *American Thoracic Society* e a *European Respiratory Society* (ATS/ERS, 2002) propuseram uma abordagem padronizada para o desempenho durante o teste e avaliação das medidas, as quais estão listadas resumidamente no QUADRO abaixo:

**QUADRO**  
Recomendações propostas pela ATS/ERS

1. Bocal de escolha do tipo mergulhador.
2. Presença de orifício de fuga de aproximadamente 2mm de diâmetro interno.
3. Manutenção da pressão inspiratória e expiratória por pelo menos 1,5s para que a pressão máxima sustentada por 1 segundo seja observada (pressão média máxima).
4. Uso de um sistema de medida digital com calibração regular da pressão do transdutor.
5. Realização do teste por um operador experiente que estimule o sujeito a realizar um esforço inspiratório máximo contra uma via aérea ocluída (manobra de Mueller) e um esforço expiratório máximo contra uma via área ocluída (manobra de Valsalva) perto/ou no volume residual (VR) e na capacidade pulmonar total (CPT), respectivamente.
6. Adoção da postura sentada.
7. Não requer o uso do clipe nasal.
8. Instrução anterior à manobra e encorajamento durante a manobra.
9. Prevenção de escape de ar ao redor do bocal orientando o sujeito a segurar as bochechas com as mãos durante o esforço expiratório e a pressionar os lábios firmemente ao redor do bocal.
10. Registro da pressão média máxima após três manobras que variem menos que 20% entre elas podendo assumir uma variação de 10% em pesquisas científicas.

No mesmo ano, a Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT) (SOUZA, 2002,) publicou, nas Diretrizes para testes de função pulmonar, uma revisão dos diversos estudos sobre as PRM até então publicados. Nessa revisão destacam-se alguns itens, 3, 7 e 10, diferentes daqueles preconizados pela ATS/ERS.

Em relação ao item 3, a SBPT define como pressão de registro a pressão platô (pressão realizada após o primeiro segundo de esforço). Para a ATS/ERS, a

pressão de registro é denominada pressão média máxima representada pela média de pressão sustentada em 1 segundo.

Em relação ao item 7, a maioria dos estudos revisados pela SBPT recomenda o uso do clipe nasal e, em relação ao item 10, referente à reprodutibilidade da manobra, que é definida pela presença de três manobras aceitáveis (sem vazamento aéreo e com duração de pelo menos dois segundos) sendo selecionada a pressão platô mais elevada entre, pelo menos, duas manobras reprodutíveis (valores que não diferem entre si mais de 10% do valor mais elevado). Segundo a SBPT, alguns autores propõem um número máximo de cinco manobras podendo extrapolar, caso o valor mais alto surja na última manobra, diferentemente da ATS/ERS, que não estipulam um número máximo de manobras.

#### **1.4 Valores de referência da força muscular respiratória**

Vários autores, a partir da década de 1960, avaliaram as PRM em indivíduos saudáveis, de diferentes países, de faixas etárias distintas e criaram valores de referência (COOK; MEAD; ORZALESI, 1963; RINGQVIST, 1966; BLACK; HYATT, 1969; LEECH *et al.*, 1983; SMYTH *et al.*, 1984; WILSON *et al.*, 1984; CAMELO JR.; TERRA FILHO; MANÇO, 1985; VINCKEN; GHEZZO; COSIO, 1987; ENRIGHT *et al.*, 1994; ENRIGHT *et al.*, 1995; JOHAN *et al.*, 1997; HARIK-KHAN; WISE; FOZARD, 1998; NEDER *et al.*, 1999; WOHLGEMUTH *et al.*, 2003; WINDISCH *et al.*, 2004; SIMÕES *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2010; KOCH *et al.*, 2010; GOPALAKRISHNA *et al.*, 2011).

Esses valores foram descritos como os observados nas amostras e reportados como média e desvio padrão ou mediana e, em alguns estudos, foram propostas equações de predição (BLACK; HYATT, 1969; NEDER *et al.*, 1999; WINDISCH *et al.*, 2004). Há uma grande variabilidade entre os valores médios observados nos estudos conforme pode ser exemplificado nas FIGURAS 1a e 1b.

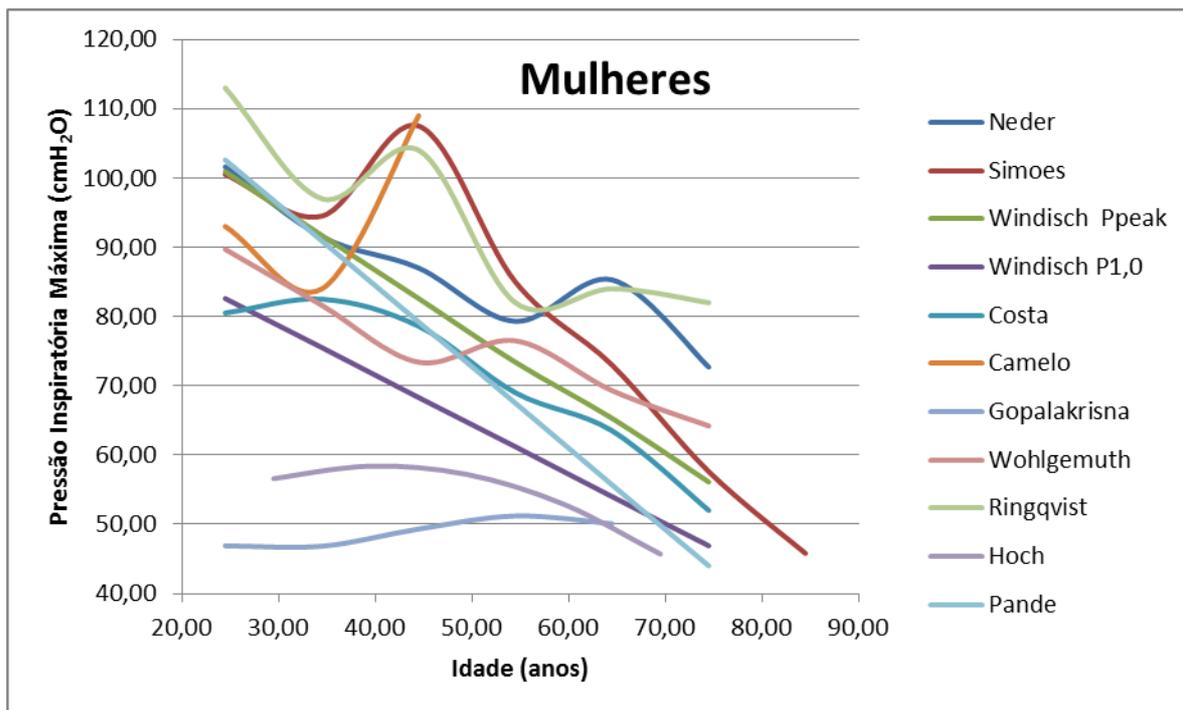


FIGURA 1a: Exemplo da variabilidade entre os valores médios observados da pressão inspiratória máxima em mulheres propostos por diferentes autores.

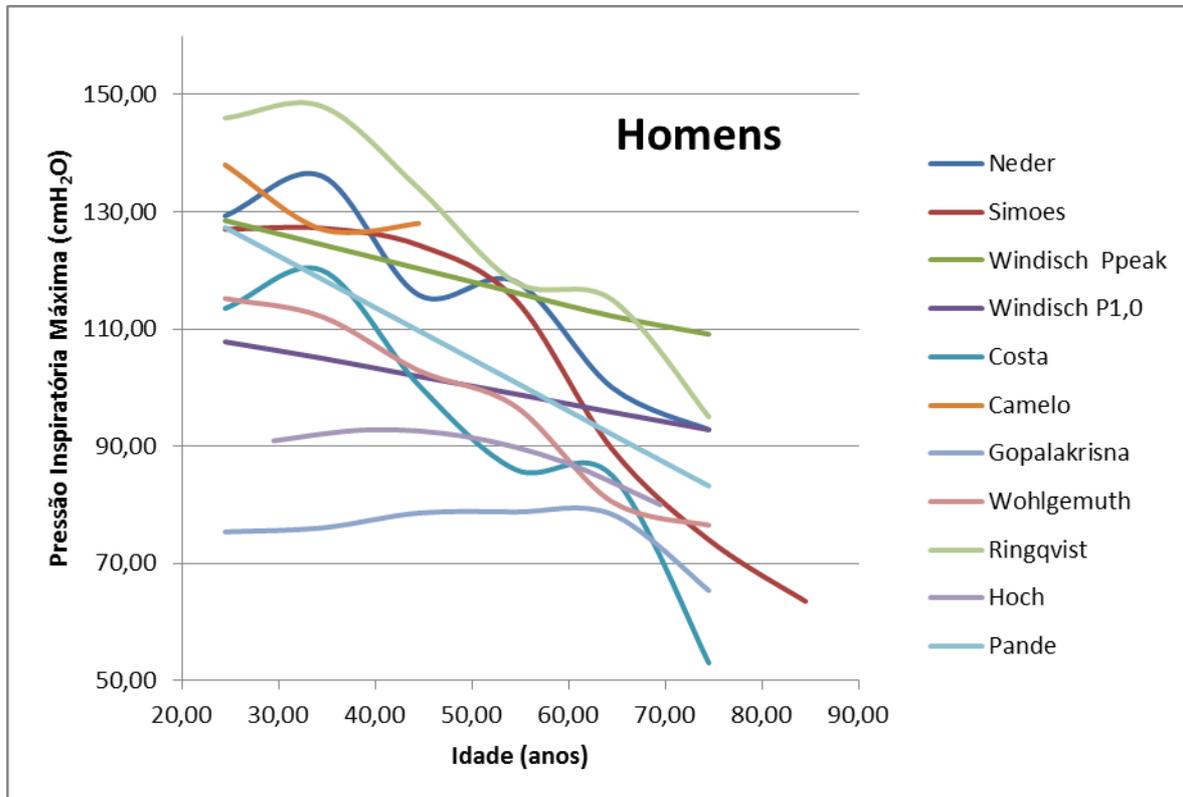


FIGURA 1b: Exemplo da variabilidade entre os valores médios observados da pressão inspiratória máxima em homens propostos por diferentes autores.

Tais diferenças podem ser atribuídas aos procedimentos distintos utilizados para a seleção das amostras, ao tamanho reduzido de algumas amostras, às características antropométricas, hábitos de vida e exposição ocupacional inerentes à população estudada (variabilidade biológica) e às diferenças de técnicas e equipamentos (RODRIGUES; BÁRBARA, 2000; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002, EVANS; WHITELAW, 2009) . Além disso, os valores mudam com o tempo, devido a “efeitos de corte” (PELLEGRINO *et al.*, 2005; PEREIRA; SATO; RODRIGUES *et al.*, 2007). Esses efeitos podem ser explicados por mudanças nas condições ambientais e nutricionais e pelo progresso tecnológico dos equipamentos utilizados e maior precisão nas condições de medida (HAMNEGARD *et al.*, 1994).

Segundo um estudo de revisão realizado por Rodrigues e Bárbara (2000), as diferentes metodologias utilizadas na medição das PRM e as diferentes populações estudadas contribuem para a variabilidade nos resultados obtidos por diferentes autores. O estudo ressalta que os equipamentos para a medida das PRM devem cumprir os seguintes requisitos de controle de qualidade: confiabilidade, precisão, reprodutibilidade, facilidade de manuseio e calibração. Segundo alguns autores, os equipamentos devem ser capazes de diferenciar, durante as medições, a pressão de pico da pressão média máxima ou da pressão sustentada (HAMNEGARD *et al.*, 1994; ATS/ERS, 2002; WINDISCH *et al.*, 2004; EVANS; WHITELAW *et al.*, 2009).

Black e Hyatt (1969) descreveram um método simplificado de determinação dos valores de referência para as PRM em comparação com estudos anteriores (COOK; MEAD; ORZALESI, 1963; RINGQVIST, 1966). Esse estudo clássico estabeleceu valores de referência a partir de uma amostra de conveniência da população norte-americana (Estados Unidos) ao analisar 60 homens com idade entre 20 e 80 anos e 60 mulheres com idade entre 20 e 86 anos alocados em estratos (10 homens e 10 mulheres em cada década de 20 a 70 anos). Foram incluídos no estudo sujeitos sem sintomas respiratórios, nenhum achado anormal na radiografia de tórax, sem evidências de disfunção neuromuscular, mas a amostra incluía um número não especificado de fumantes e um número não especificado de indivíduos potencialmente familiarizados com a técnica (médicos e técnicos de laboratório). A seguinte metodologia foi utilizada nesse artigo (itens numerados segundo o quadro de recomendações da ATS/ERS, 2002): 1. bocal circular de borracha com diâmetro

interno de 3,2cm; 2. presença de orifício de fuga de aproximadamente 2mm de diâmetro interno e 15mm de comprimento; 3. manutenção da pressão inspiratória e expiratória por pelo menos 1s; 4.uso de um sistema constituído por um tubo metálico com extremidade distal fechada conectado a 2 manômetros aneróides; 5. ausência de relato sobre a experiência do examinador e se ouve estímulo durante as manobras; 6. adoção da postura sentada; 7. uso do clipe nasal; 8. ausência de relato sobre instrução anterior à manobra e encorajamento durante a mesma; 9. pressão firme dos lábios ao redor do bocal mas sem segurar as bochechas com as mãos durante esforço expiratório; 9. registro do maior valor de duas manobras “tecnicamente satisfatórias”.

Os autores apresentaram valores médios preditos para as PRM em homens e mulheres de 20 a 74 anos relativos a determinadas faixas etárias e equação de predição para homens (Plmáx e PEmáx entre 20 e 80 anos e PEmáx entre 55 e 80 anos) e para mulheres (Plmáx e PEmáx entre 20 e 86 anos e 55 e 86 anos). Constataram que, tanto para os homens quanto para as mulheres, com o aumento da idade, a Plmáx se tornava menos negativa e a PEmáx menos positiva, o que levou os valores absolutos de Plmáx e de PEmáx a apresentarem correlação negativa com a idade. Porém, a diminuição das PRM só era significativa nas mulheres acima de 55 anos. Os autores não encontraram correlação negativa entre a Plmáx e a idade no sexo masculino acima de 55 anos Os valores de PEmáx e Plmáx em mulheres foram de 65 a 70% dos obtidos em homens.

A partir do estudo de Black e Hyatt (1966), outros estudos com o intuito de estabelecer valores de referência para populações distintas, foram realizados, como, por exemplos, na década de 1980, os estudos Smyth *et al.*, (1984) (Canadá, amostra de conveniência com 112 sujeitos, sendo 76 adolescentes e 36 adultos), Wilson *et al.*, (1984) (Londres, amostra de conveniência com 135 adultos com mais de 18 anos e 235 crianças com idade entre 7 e 17 anos); McElvaney *et al.*, (1989) (Canadá, amostra de conveniência com 104 adultos com mais de 55 anos). Na década de 1990, os estudos de Bruschi *et al.*, (1992) (Itália, amostra de conveniência com 669 adultos com idade entre 18 e 70 anos); Harik-Khan; Wise; Fozard, 1998; (1998) (Estados Unidos, amostra de conveniência com 267 adultos com idade entre 20 e 90 anos), Enright *et al.*, (1994) (Estados Unidos, seleção

aleatorizada de uma amostra de 3.407 idosos acima de 65 anos); Johan *et al.*, (1997) (China, Malásia e Índia, amostra de conveniência com 221 Chineses, 111 Malasios e 120 Indianos com idade entre 20 e 80 anos). A partir de 2000, os estudos de Hautmann *et al.*, (2000) (Alemanha, amostra de conveniência com 504 adultos com idade entre 18 e 80); Gopalakrishna *et al.*, (2011) (Índia, amostra de conveniência com 250 adultos com idade entre 20 e 70 anos). Simões *et al.*, (2010) (Brasil, amostra de conveniência com 140 adultos sedentários entre 20 e 89 anos).

A análise da SNIP é mais recente quando se compara com a medida das PRM (HÉRITIER *et al.*, 1994). Na literatura há apenas dois estudos sobre valores de referência da SNIP em adultos. Uldry e Fitting (1995) estabeleceram os primeiros valores de referência da SNIP a partir de uma amostra de Caucasianos da faixa etária entre 20 e 80 anos. Os valores médios da SNIP variaram entre 91 e 117 cmH<sub>2</sub>O *versus* 75,5 a 94 cmH<sub>2</sub>O nos subgrupos etários masculino e feminino respectivamente. Nesse estudo foram estabelecidas equações de predição sendo a idade um preditor negativo da SNIP tanto em homens quanto em mulheres. Kamide *et al.* (2009) estabeleceram valores de referência da SNIP a partir de uma amostra de conveniência de 223 Japoneses saudáveis (112 homens e 111 mulheres) da faixa etária entre 18 e 69 anos. A média dos valores da SNIP foi significativamente maior nos homens comparados às mulheres (76,8±28,9 cmH<sub>2</sub>O *versus* 60,0±20 cmH<sub>2</sub>O). O limite inferior de normalidade foi 32,9 cmH<sub>2</sub>O em homens e 28,8 cmH<sub>2</sub>O nas mulheres. No modelo de regressão a idade foi um preditor negativo para a SNIP em homens e o IMC foi um preditor positivo nas mulheres.

#### 1.4.1 Estudos brasileiros sobre valores de referência da força muscular respiratória

No Brasil, quatro grupos de pesquisadores Camelo Jr.; Terra Filho; Manço, (1985); Neder *et al.* (1999); Simões *et al.* (2010) e Costa *et al.* (2010) propuseram valores de referência para PRM a partir de amostras da população de São Paulo sendo que os dois últimos estudos não contemplaram todas as recomendações metodológicas sugeridas pela ATS/ERS (ATS/ERS, 2002).

No estudo de Camelo Jr.; Terra Filho; Manço, (1985), a amostra de conveniência foi de 60 sujeitos dos quais 10 homens e 10 mulheres foram incluídos em cada década de 20 a 49 anos. Havia na amostra 40 sujeitos não-fumantes, 16 fumantes e 4 ex-fumantes, e os resultados foram analisados em conjunto. Entretanto, a amostra era constituída por sujeitos potencialmente familiarizados com a técnica, os critérios de inclusão não foram apresentados, a reprodutibilidade não foi um pressuposto do estudo e os autores não encontraram correlação significativa da P<sub>Imáx</sub> e da P<sub>Emáx</sub> com a idade, tanto em homens quanto em mulheres, o que impossibilitou a construção de equações de predição. Estes aspectos justificam o uso limitado desses valores em estudos que avaliam as PRM na população brasileira.

O estudo de Neder *et al.* (1999) apresentou um maior rigor metodológico comparado ao estudo anterior. A amostra foi aleatorizada eletronicamente a partir de uma população de 8.226 sujeitos saudáveis (estudantes da UNIFESP, sem incluir os de medicina, e idosos saudáveis de um serviço geriátrico da UNIFESP). A amostra constituída por 100 sujeitos (50 homens e 50 mulheres) foi estratificada (12 estratos) previamente pelo sexo dentro dos grupos etários de 20 a 80 anos. Os sujeitos não apresentavam história de exposição ocupacional a riscos ambientais, história de tabagismo atual ou pregresso, traçado eletrocardiográfico anormal, história de doença febril recente, história clínica ou achados físicos de doença cardíaca, respiratória ou neuromuscular. Foram excluídos indivíduos com índice de massa corporal (IMC) abaixo de 18,5 Kg/m<sup>2</sup> e acima de 40 Kg/m<sup>2</sup>. Na avaliação física, dos 100 sujeitos, 88 eram sedentários (escore menor que 8) e 12 eram fisicamente ativos (escore maior que 8) não havendo, portanto, sujeitos classificados como treinados (segundo os escores do questionário Baecke) (BAECKE *et al.*, 1982).

A seguinte padronização do desempenho durante o teste e da avaliação das pressões foi observada na metodologia do artigo: 1. bocal de plástico rígido do tipo mergulhador; 2. presença de orifício de fuga; 3. manutenção da pressão inspiratória e expiratória por pelo menos 1s; 4. uso de um sistema constituído por um manovacuômetro aneróide com intervalo de  $\pm 300$  cmH<sub>2</sub>O com registro gráfico das curvas; 5. ausência de relato sobre a experiência do operador; 6. adoção da postura sentada; 7. uso do clipe nasal; 8. realização de instrução prévia e ausência de relato sobre encorajamento; 9. pressão das mãos nas bochechas durante a manobra

expiratória; 10. realização de três a cinco manobras aceitáveis e reprodutíveis (isto é, com diferença de 10% ou menos entre os valores). Os valores registrados foram os mais elevados, exceto se produzidos no último esforço. Com base nesses valores, foram construídas as equações de predição em função do sexo e da idade e foram descritas as médias observadas das PRM para cada subgrupo etário de sexos distintos. Em relação às recomendações da ATS/ERS, não foi relatado o diâmetro do orifício de fuga, se houve encorajamento durante as manobras, se houve recomendação de pressionar os lábios firmemente ao redor do bocal durante as manobras e não foi considerada a avaliação da pressão média máxima. Cabe ressaltar que esse estudo foi desenvolvido antes da publicação das referidas recomendações.

Em 2010 dois estudos foram publicados propondo valores de referência para as PRM. Simões *et al.* (2010) estabeleceram equações de predição das PRM, de voluntários saudáveis e sedentários, em função do sexo, da idade, e do peso e descreveram as médias observadas das PRM para cada subgrupo etário de sexos distintos. Os autores compararam os valores de predição criados com alguns já existentes na literatura, entre eles os valores previstos por Neder *et al.* (1999). O estudo apresentou cálculo amostral e a amostra foi de conveniência oriunda da população de seis cidades do Estado de São Paulo (estudantes de três universidades e indivíduos participantes de programas universitários). A amostra foi constituída por 140 sujeitos (70 homens e 70 mulheres) e foi estratificada (7 estratos) previamente pelo sexo dentro dos grupos etários de 20 a 89 anos. Foram incluídos indivíduos saudáveis, com função pulmonar normal, sedentários (escore menor que 8 no questionário Baecke (Baecke *et al.*, 1982), com IMC entre 18,5 a 24,9Kg/m<sup>2</sup> e 25,0 a 29,9Kg/m<sup>2</sup>, sem história de tabagismo atual ou pregresso, sem história de infecção recente, doença respiratória, cardíaca, neuromuscular ou músculo-esquelética e sem déficits cognitivos.

A seguinte padronização do desempenho durante o teste e da avaliação das pressões foi observada na metodologia do artigo: 1. bocal de plástico rígido do tipo mergulhador; 2. presença de orifício de fuga de 2mm de diâmetro 3. manutenção da pressão inspiratória e expiratória por pelo menos 1s; 4. uso de um sistema constituído por um manovacuômetro aneróide intervalo operacional de  $\pm 300$  cmH<sub>2</sub>O

sem registro gráfico das curvas; 5. ausência de relato sobre a experiência do operador; 6. adoção da postura sentada; 7. uso do clipe nasal; 8. relato de instrução prévia e ausência de relato sobre encorajamento durante as manobras; 9. orientação dos sujeitos a manter os lábios firmemente pressionados ao redor do bocal e ausência de relato sobre se seguravam as bochechas com as mãos durante a manobra expiratória; 10. realização, pelos sujeitos, de, no mínimo, três manobras aceitáveis e reproduzíveis (isto é, com diferença de 10% ou menos entre os valores). Os valores registrados foram os mais elevados, exceto se produzidos no último esforço. Com base nesses valores, foram construídas as equações de predição em função da idade e do peso para as PRM das mulheres e, para os homens, em função da idade. Os autores constataram que os valores preditos para as PRM a partir de 40 anos foram menores quando comparados aos preditos por Neder *et al.* (1999) e justificaram essa diferença em função de a amostra ser composta exclusivamente por sujeitos sedentários.

Em relação às recomendações da ATS/ERS apresentadas no quadro da página 22, os itens 4, 8 (exceto instrução prévia) e 9 (exceto a manutenção firme dos lábios ao redor do bocal) não foram contemplados e/ou descritos. Cabe ressaltar que o estudo foi conduzido após a publicação das referidas recomendações.

No segundo estudo publicado recentemente, Costa *et al.* (2010) estabeleceram equações de predição em função do sexo e da idade e descreveram as médias observadas das PRM para cada subgrupo etário de sexos distintos. Os autores compararam os valores médios observados com os valores preditos por Neder *et al.* (1999). O estudo não apresentou cálculo amostral e a amostra foi de conveniência oriunda da população da cidade de São Carlos no Estado de São Paulo. A amostra foi constituída por 120 indivíduos (60 homens e 60 mulheres) e foi estratificada (6 estratos) previamente pelo sexo dentro dos grupos etários de 20 a 80 anos. Os indivíduos saudáveis foram selecionados a partir de uma anamnese com perguntas sobre fumo, prática regular de exercícios (não especificou o instrumento utilizado para a avaliação do nível de atividade física dos voluntários), presença de disfunção respiratória e cardiovascular. Histórico familiar, medicações em uso e dados antropométricos foram coletados.

A seguinte padronização do desempenho durante o teste e da avaliação das pressões foi observada na metodologia do artigo: 1. ausência de relato sobre o tipo de bucal; 2. presença de orifício de fuga de 2mm de diâmetro 3. manutenção da pressão inspiratória e expiratória por pelo menos 1s; 4. uso de um sistema constituído por um manovacuômetro aneróide de intervalo operacional de  $\pm 300$  cmH<sub>2</sub>O sem registro gráfico; 5. ausência de relato sobre a experiência do operador e sobre estímulo a esforços máximos durante as manobras; 6. adoção da postura sentada; 7. uso do clipe nasal; 8. relato de instrução prévia das medidas mas ausência de relato sobre encorajamento durante as medidas; 9. ausência de relato sobre orientação de segurar as bochechas com as mãos durante esforço expiratório e de manter os lábios firmemente pressionados ao redor do bucal; 10. realização pelos sujeitos de, no mínimo, três manobras reprodutíveis (isto é, com diferença de 10% ou menos entre os valores) os valores anotados foram os mais elevados. Com base nesses valores, foram criadas as equações de predição em função da idade para ambos os sexos, os limites inferiores de normalidades e os valores de referência para as PRM de indivíduos saudáveis. Os autores constataram ausência de diferença significativa entre a PEmáx observada e a prevista por Neder *et al.* (1999) em ambos os sexos, o mesmo não ocorrendo para os valores de PImáx em ambos os sexos.

Em relação às recomendações da ATS/ERS apresentadas no quadro da página 22, os itens 1, 4, 8 (exceto instrução prévia) e 9 não foram contemplados. Assim como no estudo de Simões *et al.* (2010) o estudo foi conduzido após a publicação das referidas recomendações.

Valores de referência da SNIP obtidos por uma amostra de 243 brasileiros residente em Natal (RN), Recife (PE) e Piracicaba (SP), com faixa etária de 20 a 80 anos foram descritos recentemente (ARAÚJO, 2010). Na equação de regressão linear múltipla, a idade foi o único preditor negativo para a SNIP ( $R^2 = 0,09$  e  $SEE = 27,4$  em homens;  $R^2 = 0,10$  e  $SEE = 18,6$  em mulheres). A média dos valores da SNIP foi significativamente maior nos homens comparados às mulheres ( $114,3 \pm 28,6$  cmH<sub>2</sub>O x  $92,6 \pm 19,7$  cmH<sub>2</sub>O;  $p < 0,05$ ). Ao comparar os valores encontrados da SNIP com os preditos em estudos prévios para outras populações adultas

(caucasianos e japoneses), os valores obtidos na população brasileira foram superiores.

## **1.5 Justificativa**

Diante do que foi exposto constata-se que não há estudos brasileiros pautados nas recomendações das *American Thoracic Society* e da *European Respiratory Society* (ATS/ERS, 2002) e que é de suma importância a padronização metodológica e o controle dos fatores individuais nos estudos que se propõem a criar valores de referência para a avaliação das PRM, a fim de que os valores preditos das amostras selecionadas tenham validade externa e possam ter uma maior aplicabilidade clínica. Considerando haver no Brasil um único estudo sobre os valores de referência da força muscular inspiratória obtido para SNIP e mediante a relevância clínica desse método complementar e alternativo de medida da força muscular respiratória justifica-se a elaboração de valores de referência para uma amostra representativa da população de Belo Horizonte/MG.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo geral**

Retratar a força muscular respiratória em uma amostra da população adulta de Belo Horizonte/MG seguindo as recomendações metodológicas da ATS/ERS e SBPT; incluindo a descrição de valores de referência e equações de predição.

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade metodológica e fazer uma síntese dos estudos que criaram valores de referência para a pressão inspiratória máxima em adultos a partir da realização de uma revisão sistemática com meta-análise.
- Avaliar o efeito aprendido e as medidas das pressões respiratórias máximas sob a ótica de três diferentes protocolos.
- Avaliar as propriedades psicométricas do manovacuômetro digital desenvolvido na UFMG, a saber, a confiabilidade teste-reteste e a validade concorrente.
- Propor equações preditivas, estabelecer valores médios preditos e limites inferiores de normalidade estratificados por sexo e faixa etária, para as PRM e para a SNIP seguindo recomendações propostas pela ATS/ERS e SBPT em uma amostra da população adulta de Belo Horizonte/MG com idade entre 20 a 89 anos.

## **2 MATERIAIS E MÉTODO**

Considerando os diferentes estudos realizados nesta Tese, esta sessão avaliará o local de realização, os aspectos éticos e os instrumentos de medida utilizados no conjunto de estudos. No entanto, os critérios de inclusão e de exclusão, os procedimentos específicos, a redução dos dados e a análise estatística de cada um dos estudos serão tratados de forma separada em cada artigo.

### **2.1 Local de realização**

O estudo relatado no artigo 1 foi realizado na *University of British Columbia*, em Vancouver - Canadá. Os estudos cujos resultados estão relatados nos artigos 2, 3 e 4 foram desenvolvidos no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) do Departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais ou em centros comunitários de Belo Horizonte.

### **2.2 Aspectos éticos**

Todos os estudos envolvendo indivíduos foram aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa da UFMG sob o parecer nº. ETIC 0425.0.203.000-10 (ANEXO A). Os participantes do estudo foram informados e instruídos anteriormente quanto aos procedimentos, os quais foram realizados apenas após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A)

## 2.3 Instrumentos de medida principais

Foram considerados instrumentos de medida principais aqueles utilizados para a operacionalização das variáveis dependentes, a saber, a pressão inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>), a pressão expiratória máxima (PE<sub>máx</sub>) e a pressão inspiratória nasal durante o fungar (*sniff nasal inspiratory pressure*, SNIP).

### 2.3.1 Manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG)

O manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG, Belo Horizonte-MG, Brasil), foi utilizado para aferir as PRM e a SNIP (FERREIRA *et al.*, 2010; MONTEMEZZO *et al.*, 2012). Este instrumento consiste em um sistema formado por dois sensores de pressão diferencial, um módulo de aquisição e envio de dados executados por um microcontrolador (*PIC 18F4550, Microchip Chandler-AR, USA*) e um módulo de tratamento dos dados e envio de comandos por uma interface gráfica (*Graphical User Interface – GUI; Software Manovac 4.1*). O manovacuômetro é constituído por uma peça acrílica, que permite simultaneamente a conexão dos dois sensores de pressão com o filtro biológico e com o bocal do tipo mergulhador. A peça acrílica apresenta um orifício de oclusão de 8 mm de diâmetro interno (EVANS; WHITELAW, 2009) e um orifício de fuga de 2 mm de diâmetro interno (ATS/ERS, 2002; EVANS; WHITELAW, 2009) (FIGURA 2).



FIGURA 2: Manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG, Belo Horizonte-MG, Brasil) com peça acrílica, bocal do tipo mergulhador e clipe nasal.

Nesse equipamento a resolução das medidas é de 0,1 cmH<sub>2</sub>O, a escala é de 500 cmH<sub>2</sub>O e a frequência de resposta é de 40 Hz. O manovacuômetro é calibrado por meio de um calibrador digital (*PC507, Hotek Technologies, Tacoma, Washington*) (acurácia de 0,025% do fundo de escala) e uma bomba pneumática (8111-300, *Presys, São Paulo, Brasil*) como estabelecido por Ferreira *et al.*, 2010. O instrumento possui duas opções de conexão, uma para avaliação da P<sub>Imáx</sub> e outra para avaliação da P<sub>Emáx</sub>. A manobra para obtenção da SNIP é realizada na opção de conexão de avaliação da P<sub>Imáx</sub>, sendo utilizado para essa conexão um prolongamento de silicone de 60 cm e um plugue nasal de silicone de formato cônico, com base e altura de 2,2 cm e com um orifício de 0,5 mm de diâmetro interno para a transmissão da pressão (FIGURA 3).



FIGURA 3: Manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG, Belo Horizonte-MG, Brasil) com o prolongamento de silicone e plugue nasal.

A operacionalização do manovacuômetro ocorre por meio do *software* (Manovac 4.1), que apresenta as seguintes funções:

- Cadastro de pacientes com identificação, idade, sexo e dados antropométricos;
- Seleção da pressão respiratória máxima a ser executada ( $P_{Imax}$  ou  $P_{Emax}$ ), dos comandos de início e término do teste, temporizador e exclusão de testes;
- Exibição do teste em modo gráfico em tempo real;
- Exibição de múltiplos valores numéricos dos testes;
- Armazenamento dos dados das variáveis das pressões respiratórias máximas, da data, do horário e do tipo de teste;
- Registro de informações sobre os testes;
- Possibilidade de incentivar a intensidade do esforço por meio de uma barra de escala colorida, na qual a cor branca representa esforço máximo;
- Cálculo das variáveis: Pressão média máxima, Pressão de pico, Pressão platô, Variação do platô, Tempo para atingir o pico de pressão, Área sob a curva do teste e Tempo de teste.

Variáveis operacionalizadas pelo *software* Manovac 4.1:

- Pressão média máxima (PMedMáx)  
Determina o valor médio da pressão máxima, em torno do Pico de Pressão, durante o tempo de um segundo (HAMNEGARD *et al.*, 1994; WINDISCH *et al.*, 2004);
- Pressão de pico (PPico)  
Representa o maior valor de pressão exercido durante o teste (HAMNEGARD *et al.*, 1994; SOUZA *et al.*, 2002; ATS/ERS, 2002; WINDISCH *et al.*, 2004; EVANS; WHITELAW, 2009);
- Pressão platô (PPlatô)  
Representa o valor mais alto sustentado por algum período assumindo um valor inferior ao do pico de pressão (EVANS; WHITELAW, 2009);
- Variação do platô (V platô)  
Indica a variação da pressão Platô;
- Tempo para atingir o pico de pressão  
É definido pelo tempo que o sujeito leva para exercer uma pressão de 10% a 90% do valor das pressões respiratórias máximas. Como consequência, um menor tempo de subida, representa uma potência maior no início da execução do exercício (SILVA, 2006);
- Área sob a curva do teste;
- Tempo de teste.

Nesta Tese, a variável dependente utilizada nos estudos descritos nos **ARTIGOS 2, 3 e 4** foi a pressão média máxima (PMedMÁX), tanto na análise da PImáx como na análise da PEmáx. Para a análise da SNIP, nos artigos **3 e 4** foi utilizada a pressão de pico (PPico).

Após armazenar os testes, o *software* MANOVAC 4.1 está programado para selecionar três testes, não necessariamente sequenciais, que atendam aos critérios de reprodutibilidade, dentre todos, considerados aceitáveis. Ao registrar três testes aceitáveis, estes são identificados por cores, sendo o de cor amarela o de maior valor de PMedMÁX, o de cor verde reprodutível com o de maior valor de PMedMÁX

(com variação menor ou igual a 10%) e o de cor azul reproduzível com o teste marcado em amarelo (com variação menor ou igual a 20%). Nos casos em que os três testes forem reproduzíveis de acordo com o critério da SBPT (variação menor ou igual a 10%), o de maior valor é igualmente identificado pela cor amarela e os outros dois são identificados pela cor verde. Nos casos em que os três testes forem reproduzíveis de acordo com o critério da ATS/ERS (variação menor ou igual a 20%), o de maior valor é igualmente identificado pela cor amarela e os outros dois são identificados pela cor azul. O *software* contempla, também, as duas diretrizes simultaneamente ao identificar a variação menor ou igual a 10% (colorindo de verde) e a variação maior que 10% e menor ou igual a 20% (colorindo de azul), sendo a maior medida apresentada na cor amarela (Figura 4). Nos casos em que os valores de PMedMÁX forem idênticos, aquele que apresentar maior valor de PPico será o teste registrado, e sucessivamente, a maior PPlatô e a menor VPlatô.

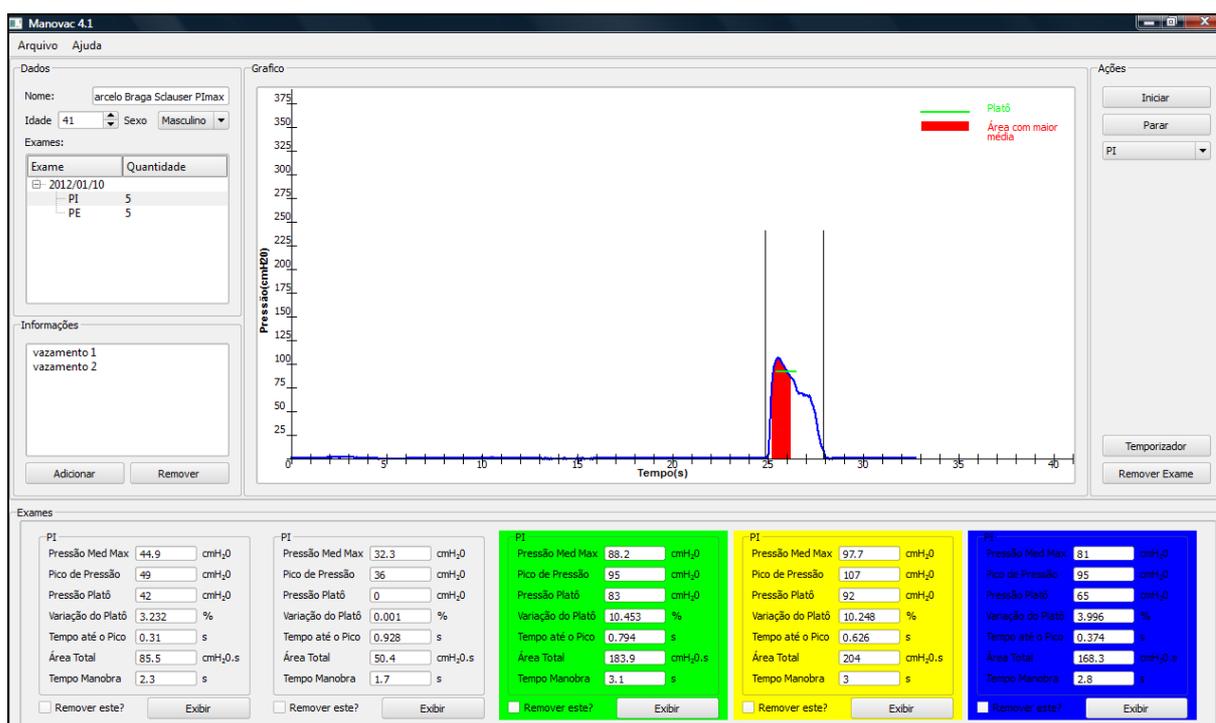


FIGURA 4: Exemplo de um registro de pressão inspiratória máxima, utilizando a interface gráfica MANOVAC 4.1. Em amarelo o teste com maior valor de Pressão Média máxima, em verde (variação de no máximo 10%) e azul (variação de no máximo 20%) os testes reproduzíveis.

### 2.3.2 Manovacuômetro digital (Micromedical)

O manovacuômetro digital MicroRPM<sup>®</sup> (Micro Medical, Reino Unido) foi utilizado apenas no estudo apresentado no **ARTIGO 3**.

Esse equipamento permite a mensuração das variáveis P<sub>Imáx</sub>, P<sub>Emáx</sub> e SNIP. A confiabilidade teste-reteste das medidas da P<sub>Imáx</sub> e da P<sub>Emáx</sub> foi testada por Dimitriadis *et al.* que reportaram valores adequados de reprodutibilidade (CCI>0,80) tanto para mensuração da P<sub>Imáx</sub> quanto da P<sub>Emáx</sub>. O MicroRPM<sup>®</sup> é composto por um manômetro que avalia e digitaliza os resultados das variáveis P<sub>Imáx</sub>, P<sub>Emáx</sub> e SNIP em cmH<sub>2</sub>O. A pressão de operacionalização é de  $\pm 300$  cmH<sub>2</sub>O, a resolução das medidas é de 1 cmH<sub>2</sub>O e a precisão é de  $\pm 3\%$ . Para a medida da SNIP, o equipamento oferece quatro plugues nasais de polietileno de diferentes tamanhos ( $1,1 \leq \text{altura} \leq 1,9\text{cm}$ ;  $3,1 \leq \text{espessura} \leq 3,5\text{cm}$ ; orifício interno de 0,5cm) que são selecionados pelo próprio voluntário, de acordo com o que ele considera ser mais adequado à sua narina. Para as medidas de P<sub>Imáx</sub> e P<sub>Emáx</sub>, o aparelho possui dois filtros, um inspiratório e outro expiratório, para encaixe no aparelho e em um bocal do tipo mergulhador (FIGURA 5).



FIGURA 5: Manovacuômetro digital MicroRPM<sup>®</sup> (Micro Medical, Reino Unido).

O manovacuômetro pode ser conectado a um computador e sua operacionalização ocorre por meio do *software* próprio (*PUMA PC, Micro Medical, Kent, England*) que apresenta alguns recursos tais como:

- Visualização em tempo real das curvas de pressão e tempo;
- Sobreposição das curvas sucessivas;
- Valores preditos;
- Banco de dados do paciente;
- Exibição de incentivo;
- Taxa de medição do desenvolvimento da pressão (*MRPD*);
- Taxa de medição do relaxamento (*MRR*);
- Verificação da qualidade da manobra;
- Medição da variabilidade da manobra;
- Possibilidade de personalização da interface gráfica.

A FIGURA 6 exemplifica o teste de pressão expiratória máxima obtida por meio do *software* PUMA.

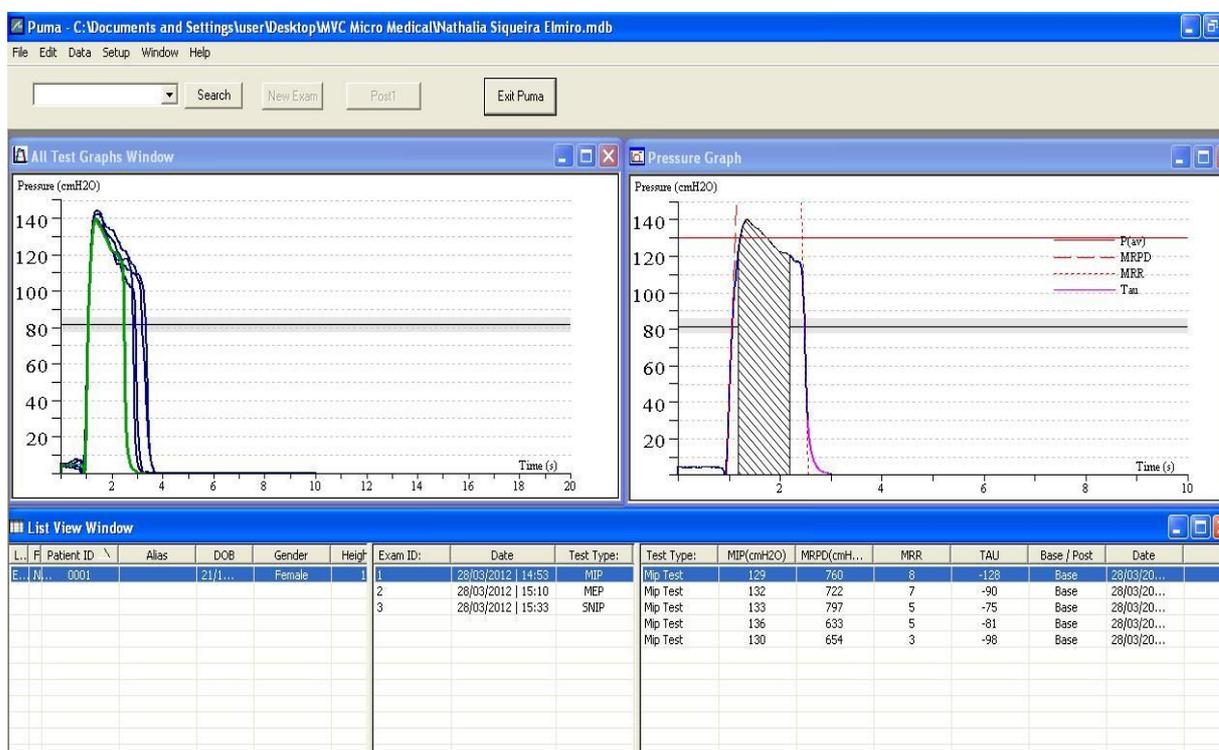


FIGURA 6: Interface gráfica do *software* PUMA PC (*Micro Medical, Kent, England*). Exemplo de teste de Pressão Expiratória Máxima com visualização da curva de pressão selecionada, das curvas sobrepostas, do banco de dados do indivíduo e das variáveis obtidas no teste.

Variáveis operacionalizadas pelo *software* PUMA:

- **MEP** (*Maximal expiratory pressure*): Pressão expiratória máxima sustentada por um segundo. É calculada com base na maior média da pressão expiratória mantida por pelo menos um segundo em toda a duração do exame.
- **MIP**: (*Maximal inspiratory pressure*): Pressão inspiratória máxima sustentada por um segundo. É calculada usando-se a maior média da pressão inspiratória mantida por pelo menos um segundo durante toda a duração do exame.
- **SNIP**: Pressão inspiratória nasal pelo *sniff*. O valor da SNIP é o mais alto pico inspiratório de pressão atingido durante o teste.
- **MRPD** (*Maximum Rate or Pressure Development*): Taxa máxima de desenvolvimento de pressão. É a inclinação inicial linear da curva de pressão respiratória máxima, o que reflete a função do músculo.
- **Tau**: Constante de tempo do relaxamento.
- **MRR** (*Maximum Rate of Relaxation*): Taxa máxima de relaxamento.

Nesta Tese as variáveis MEP (pressão expiratória máxima), MIP (pressão inspiratória máxima) e SNIP foram analisadas no **ARTIGO 3**.

## 2.4 Instrumentos de medida complementares

Estes instrumentos foram utilizados para caracterização da amostra e monitorização antes e durante a coleta de dados.

### 2.4.1 Espirômetro

A espirometria consiste em um teste auxiliar que permite o diagnóstico e a quantificação dos distúrbios ventilatórios, uma vez que possibilita a análise de fluxos aéreos, volumes e capacidades pulmonares. Para a realização da prova de função pulmonar, foram utilizados os espirômetros *Vitalograph 2120 (Ennis, Ireland)* e *Pony (Pony FX®, Cosmed, Roma, Itália)*. Foram adotados os critérios de aceitação e reprodutibilidade, assim como a gradação de qualidade, de acordo com as normas recomendadas pela SBPT (PEREIRA *et al.*, 2002). Os dados espirométricos deste estudo foram derivados da manobra de capacidade vital forçada e interpretados de acordo com os valores preditos de Pereira *et al.* (2007).

Nesta Tese, os dados espirométricos foram utilizados para operacionalização do critério de inclusão relativo à prova de função pulmonar, assim como para a caracterização dos participantes.

### 2.4.2 Oxímetro de pulso

O oxímetro de pulso (*Nonim, USA*) foi utilizado para avaliar a saturação periférica da hemoglobina em oxigênio ( $SpO_2$ ) e a frequência cardíaca (FC) antes dos procedimentos de mensuração da força muscular respiratória. Foi padronizado o dedo indicador esquerdo para a obtenção da medida.

### 2.4.3 Esfigmomanômetro e estetoscópio

O estetoscópio (*Littman Classic II, 3M Center, St.Paul-MN,USA*) e o esfigmomanômetro (*Tycos, Welch Allyn Inc. Corporate Headquarters, New York-NY,USA*) foram utilizados para aferir a pressão arterial (PA) na triagem dos participantes, antes dos procedimentos de mensuração da força muscular

respiratória. A PA foi aferida por um esfigmomanômetro analógico com resolução de 2 mmHg, tendo sido padronizado o membro superior esquerdo para obtenção da medida (ACSM, 2010).

#### 2.4.4 Mini exame do estado mental (MEEM)

O MEEM (BRUCKI *et al.*, 2003) fornece informações sobre diferentes parâmetros cognitivos, contendo questões agrupadas em sete categorias, cada uma delas planejada com o objetivo de avaliar "funções" cognitivas específicas como a orientação temporal (5 pontos), orientação espacial (5 pontos), registro de três palavras (3 pontos), atenção e cálculo (5 pontos), recordação das três palavras (3 pontos), linguagem (8 pontos) e capacidade construtiva visual (1 ponto). O escore do MEEM pode variar de um mínimo de 0 (zero) pontos, o qual indica o maior grau de comprometimento cognitivo dos indivíduos, até um total máximo de 30 pontos, que, por sua vez, corresponde a melhor capacidade cognitiva. Foram incluídos os indivíduos que atingiram o escore mínimo de 19/20 ou 23/24 pontos, segundo a ausência ou presença de instrução escolar formal prévia, respectivamente (ANEXO B).

#### 2.4.5 Balança mecânica e digital portátil

Para mensuração do peso e estatura dos participantes foi utilizada uma balança Filizola (Filizola Ind. Ltda, São Paulo, Brasil) acoplada a um estadiômetro e com resoluções de 100 g e 0,5 cm a qual foi calibrada previamente a cada medida. Para as coletas realizadas fora do campo da UFMG foi utilizada uma balança digital portátil (*Life Electronic Scale, Geratherm*<sup>®</sup>, Alemanha) para aferir o peso. Esses dados foram utilizados para calcular o IMC, que é determinado pela divisão do peso pela altura ao quadrado ( $\text{Kg/m}^2$ ). Em uma amostra de 15 voluntários foi avaliado o peso em duas balanças (balança Filizola e balança digital). Houve concordância de

magnitude excelente (coeficiente de correlação intraclasse = 0,99) entre os dados das duas balanças, e não foi observada diferença significativa entre os dados obtidos com a balança digital e com a Filizola ( $67,22 \pm 10,2$  x  $66,86 \pm 10,0$ ;  $p= 0,14$ ).

#### 2.4.6 Estadiômetro

Para as coletas realizadas fora do campo da UFMG, a estatura foi verificada por um estadiômetro (Altuxata, Belo Horizonte, Brasil) que é portátil, leve e desmontável. Possui escala bilateral de 35 a 213 cm e resolução de 0,1 cm. Esse dado foi utilizado para calcular o IMC dos voluntários.

#### 2.4.7 Bioimpedância elétrica

A Bioimpedância Elétrica (*Bioelectrical Impedance Analysis* ou BIA) é um dos métodos de avaliação da composição corporal (KYLE *et al.*, 2004a; KYLE *et al.*, 2004b). É um método não-invasivo, rápido, prático e indolor que se baseia na passagem de uma baixa corrente elétrica através do corpo com o intuito de medir a impedância ou a oposição ao fluxo da corrente. A resistência ao fluxo da corrente é maior em indivíduos com grande quantidade de gordura corporal, dado que o tecido adiposo é mau condutor de corrente elétrica pela sua relativa baixa quantidade de água (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000). Para a realização deste exame foi utilizado o equipamento *Quantum III BIA – 101Q RJL-101 Detroit, USA*), modelo tetrapolar, com apresentação digital. O método tetrapolar usa quatro eletrodos aplicados à mão, ao pulso, ao pé e ao tornozelo (FIGURA 7). Uma corrente de excitação ( $500 \mu\text{A}$  a  $800 \mu\text{A}$ ) a 50 KHz é aplicada aos eletrodos-fonte (distais) na mão e no pé, e a queda de voltagem, devido à impedância, é detectada pelo eletrodo-sensor (proximal) no pulso e no tornozelo (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000).

Colocação dos eletrodos-fontes (distais) na base da segunda ou terceira articulação metacarpo-falangeana da mão e metatarso-falangeana do pé.

Colocação dos eletrodos-sensores (proximais) na superfície dorsal da articulação do punho de modo que a borda superior do eletrodo se alinhe à cabeça da ulna e, na superfície dorsal do tornozelo, de modo que a borda superior do eletrodo se alinhe aos maléolos medial e lateral.

Foi assegurada a distância de pelo menos 5 cm entre os eletrodos proximal e distal. As orientações para o teste estão descritos no APÊNDICE B.



FIGURA 7: Aparelho de Bioimpedância elétrica (Quantum III BIA – 101Q RJL-101 Detroit, USA).  
Fonte: <http://www.rjlsystems.com.br>

#### 2.4.8 Refratômetro

Para a determinação do estado de hidratação foi utilizado o teste da Gravidade Específica da Urina (GEU) através de um refratômetro digital (*Portable Refractometer RTP-20ATC, Instrutherm, SP, Brasil*). A densidade urinária foi realizada anteriormente ao exame da bioimpedância. O refratômetro foi calibrado com água destilada antes de sua utilização (CASA *et al.*, 2000).

#### 2.4.9 Medida da circunferência abdominal e do quadril e a razão cintura-quadril

Para essas medidas foi utilizada uma fita métrica antropométrica (metragem), constituída por um material inelástico. Para as medidas da circunferência abdominal (cintura) e do quadril o voluntário adotou a posição ortostática, com os braços ao lado do corpo, pés juntos e abdômen relaxado (ABESO, 2009). A mensuração da circunferência abdominal foi realizada aplicando-se firmemente a fita métrica na região média entre a borda inferior da última costela e a borda superior da crista ilíaca (ABESO, 2009). A mensuração do quadril foi realizada aplicando-se firmemente a fita métrica na extensão posterior máxima dos glúteos (ABESO, 2009; HEYWARD; STOLARCZYK, 2000, ACSM, 2010).

### 2.5 Procedimentos

Um formulário contendo um breve texto informativo sobre a identificação dos pesquisadores, os locais de execução do estudo e os procedimentos de coleta de dados assim como perguntas relacionadas ao estado de saúde (referentes aos critérios de inclusão propostos em cada estudo) foi aplicado pessoalmente aos participantes ou encaminhado por meio de correio eletrônico (APÊNDICE C). Quando necessário, um contato telefônico foi efetuado para instruir sobre a pesquisa, confirmar os critérios de inclusão e agendar a coleta de dados.

Após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, foi realizada uma entrevista com perguntas sobre aos dados pessoais e vitais (PA, FC e SpO<sub>2</sub>), para confirmar a ausência de disfunções na estrutura e na função respiratória (APÊNDICE D). Em seguida, foi aplicado o questionário MEEM que avaliou a função cognitiva do participante com idade superior a 60 anos.

Posteriormente, foi realizada a prova de função pulmonar (espirometria) de acordo com as Diretrizes da SBPT (PEREIRA, 2002). Para a realização da espirometria os participantes foram posicionados sentados em uma cadeira com os pés e o tronco

apoiados, mantendo 90° de flexão em relação ao quadril. Foi utilizado um clipe nasal, e os indivíduos foram instruídos a realizar três ciclos respiratórios em nível de volume corrente, lentamente pela via oral, e, no quarto ciclo respiratório, a realizar uma inspiração máxima em nível de capacidade pulmonar total, em sistema aberto. Em seguida, imediatamente após posicionar o espirômetro na boca, os participantes foram instruídos a realizar uma expiração máxima e rápida, ou seja, manobra da capacidade vital forçada, sob estímulo verbal vigoroso por parte do examinador. Foi realizado um número mínimo de três e um máximo de oito manobras, respeitando-se o intervalo de um minuto entre elas.

O voluntário foi questionado sobre o seu nível de atividade física e sua ocupação profissional, sendo classificado como ativo ou sedentário, segundo a recomendação do Colégio Americano de Medicina do Esporte - ACSM (HASKELL *et al.*, 2007): ativo (atende à recomendação de gasto calórico semanal (450 a 750 MET/min/semana); ou sedentário (não atende à recomendação, como constatado pelo auto-relato). O nível de atividade física recomendável pelo ACSM é de 30 minutos de atividade física de moderada intensidade em 5 dias na semana, ou 20 minutos de atividade física de vigorosa intensidade em 3 dias na semana. A combinação de atividade física de moderada a vigorosa intensidade também atende à recomendação.

O somatório do gasto calórico mínimo ou estimado na semana foi realizado com base na tabela de MET, reportada por Haskell *et al.* (2007), e pela tabela de Ainsworth *et al.* (2000). Foram multiplicados os MET pela duração da atividade e pela frequência semanal da atividade mencionada pelo voluntário.

Após certificar que as recomendações dadas pela pesquisadora em relação à realização da bioimpedância elétrica foram seguidas (APÊNDICE B), o voluntário foi posicionado em supino em uma maca de madeira com os membros superiores afastados do tronco (30°) e os membros inferiores abduzidos 45°. Dois eletrodos do tipo “adesivo” foram posicionados no punho (linha imaginária sob a cabeça da ulna e a primeira articulação do dedo médio) e dois, no tornozelo (linha imaginária sob o maléolo medial e a base do segundo dedo) no hemitorpo direito. Os pontos de localização dos eletrodos foram desengordurados com álcool a 70% (KYLE *et al.*, 2004b). Após a coleta de dados relacionados à bioimpedância foi oferecida ingesta alimentar padronizada ao voluntários.

Finalizados os procedimentos acima, foi iniciada a mensuração das pressões respiratórias máximas. A ordem da mensuração das pressões (PI<sub>máx</sub>, PE<sub>máx</sub> e SNIP) foi aleatorizada (por um programa de computador). Os procedimentos de mensuração das PRM e da SNIP foram pautados nas diretrizes da ATS/ERS e SBPT (ATS/ERS, 2002; SBPT, 2002). Todos os procedimentos foram realizados por uma única examinadora experiente, que demonstrou as manobras previamente, encorajou/motivou, e instruiu os voluntários a realizar esforços respiratórios máximos.

Para a realização das manobras da PRM os participantes foram posicionados sentados em uma cadeira com os pés e o tronco apoiados, mantendo 90° de flexão do tronco em relação ao quadril. Um esforço inspiratório (PI<sub>máx</sub>) e expiratório (PE<sub>máx</sub>) máximo contra uma via aérea ocluída (em nível do VR e na CPT, respectivamente) foi solicitado, sendo orientada a manutenção do esforço por pelo menos 1,5s para que a pressão máxima sustentada por 1 segundo fosse observada (PMedMÁX). Uma inspiração com força máxima, de forma rápida e curta (*sniff* teste) foi solicitada para a mensuração da pressão nasal (SNIP). Foi utilizado um clipe nasal somente durante as medidas da PI<sub>máx</sub> e da PE<sub>máx</sub>. Durante a medida da PE<sub>máx</sub> a pesquisadora segurou as bochechas do voluntário e orientou-o a pressionar os lábios firmemente ao redor do bocal para prevenir o escape de ar ao redor do mesmo.

A mensuração das pressões foi considerada completa quando o participante realizou três manobras aceitáveis (sem escape de ar entre os lábios e/ou no clipe nasal e com, pelo menos, um segundo e meio de duração) e, dentre essas, três reproduzíveis (uma com variação igual ou inferior a 10% e a outra com variação de no máximo 20% com a PMedMÁX de maior valor), desde que esse não tenha sido o último teste realizado. O maior valor das PMedMÁX foi selecionado.

Para a medida da PI<sub>máx</sub>, os participantes foram orientados a respirar de forma tranquila e, durante este procedimento, receberam o seguinte comando verbal: “Ponha o ar para fora, ponha o ar para dentro” sendo que dois a três ciclos respiratórios em nível de VC precederam o teste de PI<sub>máx</sub>. Em seguida foi solicitada uma expiração lenta até VR, com indicação desse momento pela elevação da mão

dominante do participante e fechamento simultâneo do orifício de oclusão por parte da pesquisadora. Neste momento o participante foi orientado a gerar um esforço inspiratório máximo com o seguinte comando verbal: “Ponha todo o ar para fora e encha o peito de ar.” Neste comando foi utilizada a voz enfática com volume mais alto para indicar a ação a ser realizada. O mesmo procedimento foi realizado para a medida da PEmáx, exceto os comandos verbais. O comando verbal inicial foi “Ponha o ar para dentro, ponha o ar para fora” e, após três ciclos respiratórios em nível de VC, foi solicitada uma inspiração até CPT com o seguinte comando verbal: “Encha o peito de ar, sopra com força”. Tanto para a medida da PImáx quanto da PEmáx, todos os voluntários realizaram pelo menos cinco manobras e o número máximo de manobras não foi estabelecido. Caso a última manobra fosse a de maior valor a pesquisadora dava prosseguimento às manobras até que um valor menos elevado fosse produzido. Foi estabelecido que os testes fossem interrompidos no caso de relato de desconforto respiratório e/ou muscular durante a realização dos mesmos.

Em relação à SNIP, o sujeito foi posicionado sentado com os braços apoiados, e o receptor foi inserido no orifício nasal, sem obstrução de acordo com a percepção individual, e a narina contralateral permaneceu sem oclusão. Foi solicitado que o voluntário respirasse em nível da CRF e realizasse, ao comando verbal, uma inspiração rápida e máxima pelo nariz. A mesma manobra era repetida a cada intervalo de 30 segundos. Todos os voluntários realizaram dez manobras e a PPico de valor mais alto foi selecionada. No caso de a última manobra ser a de maior valor, o teste era continuado até que a última manobra fosse menor do que a de maior valor.

### 3 ARTIGO 1: REFERENCE VALUES FOR MAXIMAL INSPIRATORY PRESSURE: A SYSTEMATIC REVIEW <sup>3</sup>

#### Summary

*Background:* There is a large variability of the normative values of maximal inspiratory pressure (MIP) amongst studies likely indicates differences in demographics of participants and technical aspects of test performance. This is the first systematic review with meta-analysis that evaluates the quality of the study design and methodology to determine normative MIP values in a broadest representation of an ethnically diverse sample.

*Methods:* Search was conducted of the Medline, EMBASE, Cochrane, CINAHL and Sport Discus databases. Twenty-two papers were selected. Methodological quality of paper was assessed by QUADAS Scale. Six studies that meet all inclusion criteria reported MIP data for subgroups according to age and gender. Random effects model was used to calculate overall means and 95% confidence intervals(CI).

*Results:* The six studies that were included have low methodological quality with a mean score of 3.5(range 2 to 6) and a total sample size of 840 subjects. The age range of the participants was between 18-83 years old and 426 were males and 414 were females. MIP in general decreases with age for both men and women. For the same age group, men tended to have a higher MIP than women. Sensitivity analysis of withdrawing studies from the meta-analysis did not identify any single study that contributed more so to heterogeneity than the other five.

*Conclusion:* Our meta-analysis provided the largest and the most representative reference group available for the MIP value. The random model provided 95% CI estimate of MIP that can be extrapolated from this population to others.

---

<sup>3</sup>Isabela Sclauser Pessoa, Veronica Franco Parreira, Guilherme Fregonezzi, A. William Sheel, Frank Chung, W. Darlene Reid . Respiratory Medicine. <http://www.journals.elsevier.com/respiratory-medicine/>

## Introduction

Impairment of the respiratory muscles compromises ventilation, gas exchange and oxygen delivery to the tissue.<sup>1</sup> Respiratory muscle weakness has been reported in pulmonary hypertension,<sup>2</sup> congestive heart failure,<sup>3</sup> chronic obstructive pulmonary disease (COPD)<sup>4</sup> and neuromuscular diseases.<sup>5,6</sup> Given that inspiratory muscle strength is reflected by the pressure developed by the inspiratory muscles, pressure measures can reflect global respiratory muscle strength for clinical evaluation as well as physiological studies.<sup>1</sup> The measurement of maximal inspiratory pressure (MIP) is a simple test where individuals are asked to perform a forceful inspiration against an occluded mouthpiece.<sup>1,7</sup> The advantages of this test are that it is non-invasive and provides rapid assessment of the inspiratory muscle strength. On the other hand, its dependence on participant effort and wide range of normative values limit the clinical utility of MIP. Consequently, a low value can reflect inspiratory muscle impairment but also might also be interpreted as poor test performance.<sup>8-10</sup>

Since 1960, several groups of investigators have reported normative values of MIP.<sup>5,7-30</sup> However, the usefulness of normal values of MIP has been obscured by the remarkably large variability amongst studies. The variation amongst these reports likely indicates differences in demographics of participants and technical aspects of test performance.<sup>1,7</sup> Participant characteristics that have been reported to influence MIP include: age, sex, height, weight, fitness and smoking status.<sup>31-33</sup> Set-up of apparatus and test performance issues that can affect MIP values are: type of mouthpiece, presence of a small leak, pressure evaluated (i.e. peak or plateau), number of trials, and lung volume at the starting point of test performance.<sup>1,7,19,27,34,35</sup>

Due to the large inter-studies variation of normative values for MIP, the predicted mean from a single study may not be appropriate to establish lower limit that indicates respiratory muscle weakness.<sup>25</sup> Hautmann et al.<sup>25</sup> states that inspiratory mouth pressures should be approximately 40% below the predicted value or lower than fifth percentile to be of concern. The ATS/ERS<sup>1</sup> statement on respiratory muscle testing states that the normal ranges of MIP are wide, and the values in the lower quarter of the normal range are compatible both with normal strength and with mild or moderate weakness. This guideline states that a MIP of  $-80 \text{ cmH}_2\text{O}$  usually excludes

clinically important inspiratory muscle weakness but this threshold does not consider age and gender and is higher than the mean predicted values for some age ranges.<sup>8,10,13</sup>

Unfortunately, universally applicable normal values for MIP resulting from prediction equations and specifically, agreement on the lower limits of normal are not available. Since the application and interpretation of MIPs for clinical evaluation is complicated by the extremely wide range of reported normative values, the purpose of this meta-analysis is to synthesize and to evaluate the quality of the study design and methodology to determine normative MIP in healthy adults.

## **Methods**

### **Search strategy and selection criteria**

A search was conducted of the Medline, EMBASE, Cochrane, Cumulative Index to Nursing and Allied Health (CINAHL) and Sport Discus databases (from inception to May 2012) to identify articles written in English and Portuguese that reported normative values for MIP. The search strategy used the following terms (with synonyms and closely related words): “respiratory muscles” combined with “maximal inspiratory pressure” and “reference values.” Additional studies were identified by examining the reference list of all included articles. These terms were modified according to the specific requirements of the other data bases. Articles were considered for inclusion if: (a) participants were healthy adults people (> 18 years of age); (b) the purpose of the study was to determine reference values of MIP; (c) it was published in English or Portuguese. Articles were excluded if: (a) it was a review article, thesis or dissertation; (b) the measurement was assessed in standing rather than sitting. After duplicates were removed, two authors independently reviewed titles and abstracts of citations retrieved from each search strategy. Disagreements were discussed until consensus for inclusion or exclusion was determined. Next, two authors reviewed the full text of all selected articles to determine if they met the inclusion criteria.

### **Data Abstraction**

Two authors abstracted data from the included articles regarding subject characteristics and technical aspects of test performance including: age, gender,

height, weight, lung function, information about absence of diseases, fitness, smoking status, race, mouthpiece type, small leak, pressure evaluated, gauge type, lung volume of test performance, noseclip, total time of the inspiratory maneuver, number of trials, criterion for stopping, instruction and demonstration, interval between maneuvers, screen incentive, calibration of the instrument. MIP was also abstracted, and when possible MIP and other data were abstracted according to age per decade (e.g. 20–29 years) and gender. Due to the different definitions reported for peak, plateau and average pressures in the 22 studies, we operationalized the following definitions: (1) **plateau pressure** was reported as the highest pressure that could be sustained for some minimum period *i.e.* <sup>7,16,25,27</sup> and (2) **peak pressure** was defined as the highest value reached during a brief maximal effort. <sup>1,18,19</sup> In the event of missing data, two authors were contacted to provide additional information.

### **Methodological Quality of Included studies**

Methodological quality of each paper was independently assessed by two authors using the relevant items of the QUADAS Scale. <sup>36,37</sup> QUADAS is an evidence-based, validated, quality assessment tool specifically for use in systematic reviews of test accuracy studies. It is a generic tool, which may be adapted to optimize its usefulness for specific topic areas. <sup>36,37</sup> The current systematic review was to evaluate the quality of the study design and methodology to determine normative MIP data rather than to compare the MIP test to a gold standard test. For this reason, seven of the fourteen items were considered to be relevant for the quality evaluation of the included papers. Additional items specific to the quality of MIP testing methodology were also abstracted.

### **Synthesis and meta-analysis**

Subject characteristics and technical aspects of test performance including quality assessment were synthesized in tabular format. In order to perform meta-analyses, the following data were input from the selected studies: age range(s), gender, and the mean and standard deviation (SD) of the MIP (in cmH<sub>2</sub>O). The random effects (rather than a fixed effects) model meta-analysis <sup>38</sup> were used to calculate overall means and 95% confidence intervals for MIP measurements <sup>39,40</sup> from 6 studies that reported MIP data for subgroups according to age (in decades) and gender. <sup>12,15,24,26,29,30</sup> A random effects model is based on the premise that

differences in outcomes are due to sampling error in addition to variation in how other methodologic aspects were conducted.<sup>40</sup> In contrast, a fixed effects model assumes that sampling error was the primary factor contributing to differences in outcomes and all other methods were carried out in a similar fashion amongst studies. The random effects model was selected for our meta-analyses in order to consider the methodologic variations of the included studies. We did use the fixed effect model in order to calculate  $Q$ , the homogeneity statistic, which is a measure of the heterogeneity of the data obtained from different studies. The inverse variance and variance component ( $\tau^2$ ) were used to calculate the weight applied in the random effects model.<sup>39-41</sup> The method of moments estimate were used to calculate individual  $\tau^2$ .<sup>39,40</sup>

## Results

### *Search and selection*

The flow chart depicting the different stages of the search and selection of studies is shown in the Fig. 1. The initial search of the electronic databases identified 4367 titles and abstracts, of which 19 were retrieved for full-text review. Eleven additional papers were identified from reference lists of articles (hand search). Of the 30 articles, 8 articles were excluded because: (1) the study purpose was not to determine reference values of MIP;<sup>31,33,35,42,43</sup> (2) it was a review,<sup>43</sup> (3) it was published in French<sup>44</sup> (4) the MIP maneuver was performed at FRC (functional residual capacity) rather than residual volume (RV)<sup>9</sup> or performed in standing rather than sitting.<sup>20</sup>

*Flow chart here*

### *Methodological quality of studies*

Methodological quality, as assessed by 7 items of the QUADAS ranged between 0 and 7 with a mean score of 3 (Table 1). The most common items that were included in the studies were items: similar data available during test results and in practice (15 of 22 studies); study participants were representative of participants who would be tested in practice (12 of 22 studies); and the selection criteria were clearly described (12 of 22 studies). The quality criteria that were least often performed were: "Is the reference standard likely to correctly classify the target condition?" (6 of

22 studies did this) and “Were uninterpretable/intermediate tests results reported?” (6 of 22 studies did this).

*Table 1 here*

Other issues that affect the quality of the methodology were the consideration of several characteristics of patients and methods not described by QUADAS items. These issues are described in more detail in the following two sections and in Tables 2 and 3.

### *Characteristics of participants*

The characteristics of the participants are summarized in Table 2. The total number of participants was 6,915. All studies employed convenience samples except one study, which used a random sample procedure.<sup>24</sup> The age of the participants ranged between 18 and 90 years old. All studies reported the sample size for each sex, which ranged from 23 to 1,269 for men and 9 to 1,602 for women. The number of females was highest in most studies (18 of 22) except in four.<sup>11,12,22,23</sup> Ten studies were performed on subjects from North America,<sup>5,8,11,13,16,17,19,21,28</sup> four studies involved subjects from Brazil,<sup>15,24,29,30</sup> three studies from India,<sup>10,22,23</sup> two studies from Germany,<sup>25,27</sup> and one each from Italy,<sup>18</sup> Sweden<sup>12</sup> and England.<sup>14</sup> Only seven studies reported the height for each age group.<sup>10-13,24,26,29,30</sup> Seven studies reported the weight for each age group.<sup>10,12,13,24,26,29,30</sup> Only McElvaney et al.<sup>17</sup> reported the percentile of the height and weight. When not reported in the study, BMI was calculated from the reported mean values for height and weight. Most studies included normal and overweight participants (BMI between 18.5 and 24.9 kg/m<sup>2</sup> and between 25.0 and 29.9 kg/m<sup>2</sup>, respectively). Some of the participants in two reports<sup>21,27</sup> were obese. Five studies did not report FEV<sub>1</sub> but reported other values of pulmonary function.<sup>11,12,19,22,26</sup> There were ten studies that included smokers and nonsmokers but did not perform any subgroup analyses.<sup>5,8,13-16,18,25,26,27</sup> Of these, six studies did not report FEV<sub>1</sub> value in order to substantiate the absence or presence of respiratory disease.<sup>5,14-16,18,26</sup>

*Table 2 here*

### *Characteristics of methods*

The methodology varied considerably (Table 3). A flanged mouthpiece was used in five studies.<sup>14,16,22,24,27</sup> A small leak was reported in eighteen studies but the size was not specified in four.<sup>14,22,24,25</sup> The number of repetitive maneuvers to obtain MIP was at least five in two studies<sup>12,18</sup> and at least seven in two others.<sup>25,27</sup> In six studies, the authors considered the learning effect for MIP test; it was reported that the last maneuver was not the best maneuver in four studies,<sup>12,16,24,25,28</sup> the test could be stopped when the subject considered him or herself unable to perform better<sup>22</sup>. Instructions and encouragement were generally comparable when described. The lower limit of normal (LLN) was reported in nine studies.<sup>8,19,21,24,25,27-30</sup> Most used the fifth percentile of the negative residuals of MIP.<sup>8,19,21,25,27,30</sup> Windisch et al.<sup>27</sup> provided the most detail by calculating the fifth percentile in each age group (per decade from 10-19 years to > 70 years) for both genders. In contrast, two studies provided an alternate definition (see Table 3) and one study reported a LLN with no definition.<sup>28</sup>

*Table 3 here*

### **Meta-Analyses**

MIP values for males and females in different age groups derived from the random effects analysis are shown in Table 4. Between five to six studies and 59 to 96 subjects were included in each age group.<sup>12,15,24,26,29,30</sup> The total number of participants was 840. These 6 studies had an average QUADAS quality score of 3.5 out of 7 (score ranged between 2 and 6). MIP decreases with age for both men and women. For the same age group, men tended to have a higher MIP than women. Sensitivity analysis of withdrawing studies from the meta-analysis often lowered the Q statistics to a non-significant level in all age group for a given gender. However, these sensitivity analyses did not identify any single study that consistently contributed more so to heterogeneity than the other five.

*Table 4 here*

## Discussion

Our meta-analysis provides a synthesis of normative values for maximal inspiratory pressures, the most commonly performed measure to indicate inspiratory muscle strength. Our meta-analysis is based on 840 subjects, the largest and most representative reference group available for this measure. This synthesis demonstrates strong age-related trends and gender differences in MIP similar to those reported by the included studies. This synthesis is limited, however, by the low quality of some studies, variability in participant characteristics, the relatively low number of participants, and methodological heterogeneity. In addition, the different subdivisions of age groups amongst studies precluded inclusion of some studies in the meta-analysis.<sup>5,8,11,13,14,17,21,23,25</sup>

Our meta-analysis considers data from 840 subjects recruited from Brazil, Sweden and the Netherlands. Therefore, the reference values are reflective of women and men from different ethnic backgrounds with associated differences in body stature that could be expressed as variations in maximal inspiratory pressures. Mean MIP data from each of the six studies that contributed to the meta-analyses had mean values (in different age groups for each gender) that overlapped with at least one other study. MIP data from Simões et al.<sup>29</sup> Ringqvist et al.<sup>12</sup> and Neder et al.<sup>24</sup> were generally higher for all age groups in both genders whereas the data from the two reports was generally lower in both genders for most age groups.<sup>26,30</sup> The sensitivity analyses further verified that no single study contributed to the heterogeneity of data. Of interest, the two studies with the highest quality scores<sup>8,21</sup> that recruited American subjects provide regressions equations that produce MIPs that are higher than our mean values in one case<sup>21</sup> and lower in the other case.<sup>8</sup> In other words, the reports with high methodological quality provide mean MIP values that bracket the mean data derived from our synthesis, which lends further credence to the validity of the data derived by the meta-analyses.

Application of these reference values require consideration of participant and methodological differences. Participant characteristics varied considerably amongst studies, and many of these could not be considered our subgroup analyses of the meta-analyses. Subject characteristics that have been reported to influence MIP include: age, gender, height, weight, fitness and smoking status.<sup>31-33</sup> Unfortunately,

there is no consensus regarding which of these variables had a significant influence on MIP in the reported regression equations and even the directional influence of some of these variables. For example, height has been shown to be positively predictive,<sup>14,22</sup> negatively predictive<sup>8,22</sup> and not predictive<sup>5,16,18,19,21,23-25,29,30</sup> of MIP. Smoking exemplifies another characteristic that could potentially influence normative values if the participant had undetected lung disease was present and he/she was not excluded from the study.

Most of the 6 studies included in the meta-analyses showed that in healthy subjects MIP was significantly affected by sex and age. This is in accordance with Black & Hyatt' study<sup>5</sup> who reported that there was a linear regression of MIP on age in both males and females but the regression was not significant in subjects younger than 55. The data shown in Table 4 is in accordance with the findings of Black & Hyatt.<sup>5</sup> There is a very shallow decrease in MIP (with wide confidence intervals) before age 45 to 55 years, especially in females. Unfortunately there is no consensus regarding the threshold when the age-related decline in MIP occurs. Vincken et al.<sup>16</sup> reported that both sexes achieved their highest MIP values before age 30, progressively declining thereafter with advancing age. Hautmann et al.<sup>25</sup> on the other hand, showed a decrease with age that was pronounced in participants at 60 years of age and higher. It is quite plausible that MIP has not received sufficient study on large sample sizes to determine the many factors that might contribute to valid reference values. A recent report on spirometry,<sup>45</sup> stated comparisons of reference values on 55,136 healthy subjects, whereas the number of participants in each of the selected studies for this systematic review ranged from 60 to 252 and the sample size for the meta-analysis was 840 subjects. Considering the relatively small sample sizes and the ethnic diversity of studies performed on different continents, it is not surprising that MIP values varied amongst studies. Future studies should recruit larger numbers and factor in cofounders such as ethnicity, smoking history, physical activity, as well as parameters of body stature i.e. BMI, height and weight.

Methodological issues in addition to subject characteristics likely contributed to the large inter-study variation of normative values for MIP. One of the primary factors is how learning was considered in determining MIP values. The performance of a MIP is volitional such that it requires full cooperation and understanding of the task to be performed. Therefore, it depends greatly on patient effort and enthusiastic coaching

from the technologist. The ATS and ERS<sup>1</sup> reports that submaximal inspiratory pressures can be generated with reproducibility similar to maximal pressures. In order to avoid this error, the selection of truly maximum efforts depends not only on setting a limit on variation between successive measurements, but also by performing a large number of attempts by the subject and carefully considering whether optimal learning has occurred. Some studies did not consider the need to continue the test if the last maneuver was the largest.<sup>5,8,10,11,13-15,17-19,21-23,27,28,30</sup> Lack of familiarization or incomplete learning to perform a maximal effort combined with too few repetitions to achieve a maximal value is likely a primary factor influencing heterogeneity of MIP values among studies.

The large inter-study variation of normative values for MIP might also be explained by other differences in the technical aspects of test performance, which varied considerably among studies (Table 3). The MIP measure is influenced by the type of mouthpiece, presence of a small leak, pressure evaluated, number of trials, and lung volume at the starting point of test performance.<sup>1,7,19,27,34,35</sup> In the 22 studies reviewed, a flanged mouthpiece was used in five studies;<sup>14,16,22,24,27</sup> ATS/ERS<sup>1</sup> reported that this type of mouthpiece results in values somewhat lower than those obtained with a rubber tube mouthpiece. A small leak (approximately 2-mm) to prevent glottis closure during the MIP maneuver was reported in eighteen studies and was smaller or not reported in others. Mayos et al.<sup>35</sup> demonstrated that MIP measurements obtained with leak of 2mm internal diameter were 17% ( $p < 0.005$ ) lower than those with leak of 1mm and 22% ( $p < 0.005$ ) lower than those with no leak. The pressures evaluated (peak, plateau, and 1-second average pressures) were defined differently among studies such that we operationalized the following definitions: (1) plateau pressure was reported as the highest pressure that could be sustained for some minimum period i.e.<sup>7,16,25,27</sup> and (2) peak pressure was defined as the highest value reached during a brief maximal effort.<sup>18,19</sup> It is important to note that no studies, published after 2002, used the 1-second average pressure, which was recommended by the ATS/ERS.<sup>1,46</sup> According to ATS/ERS,<sup>1</sup> the 1-second average pressure is more reproducible than peak pressure.

Of the 22 included studies, only 6 studies were included in this meta-analysis because of the requirement for MIP data to be reported by gender and stratified into one of more of six age groups (20-29; 30-39, 49-49, 50-59, 69-69, 70-80 years). A

few studies stratified reporting of data to age groups; however, the categories either included a larger range of age or straddled the above-mentioned groupings.<sup>5,8,11,13,14,17,21,23,25</sup> The methodological quality of studies (QUADAS assessment) included in the meta-analysis the score ranged between 2 and 6. Unfortunately it was not possible to include some of the studies that had a high QUADAS score of 7 out of 7<sup>8,21</sup> because the MIP data was not reported in similar age groups<sup>8</sup> or it was presented as regression equations.<sup>8,21</sup>

Whatever the reasons might be for the differences in MIP amongst studies, appropriate normative values are required by pulmonary function laboratories in order provide a valid reference of respiratory function for an individual patient. The data provided by our meta-analysis likely have the broadest representation of an ethnically diverse sample. Whether using these data or reference values from a single study, selection should be determined by similarities in the methodology of MIP measures and the participants' characteristics to those of the patient of interest. Ideally, appropriate reference values should be obtained in the same laboratory from the same population.

### **Conflict of interest statement**

There are no conflicts of interest.

### **References**

1. ATS/ERS. Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; **166**:(Suppl 15):518-624.
2. Meyer FJ, Lossnitzer D, Kristen AV, Schoene AM, Kubler W, Katus HA, et al. Respiratory muscle dysfunction in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Eur Respir J* 2005; **25**:125-30.
3. Meyer FJ, Borst MM, Zugck C, Kirschke A, Schellberg D, Kubler W, et al. Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: clinical correlation and prognostic significance. *Circulation* 2001;**103**:2153-8.
4. Wijkstra PJ, van der Mark TW, Boezen M, van AR, Postma DS, Koeter GH. Peak inspiratory mouth pressure in healthy subjects and in patients with COPD. *Chest* 1995; **107**:652-6.
5. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969;**99**(5):696-702.

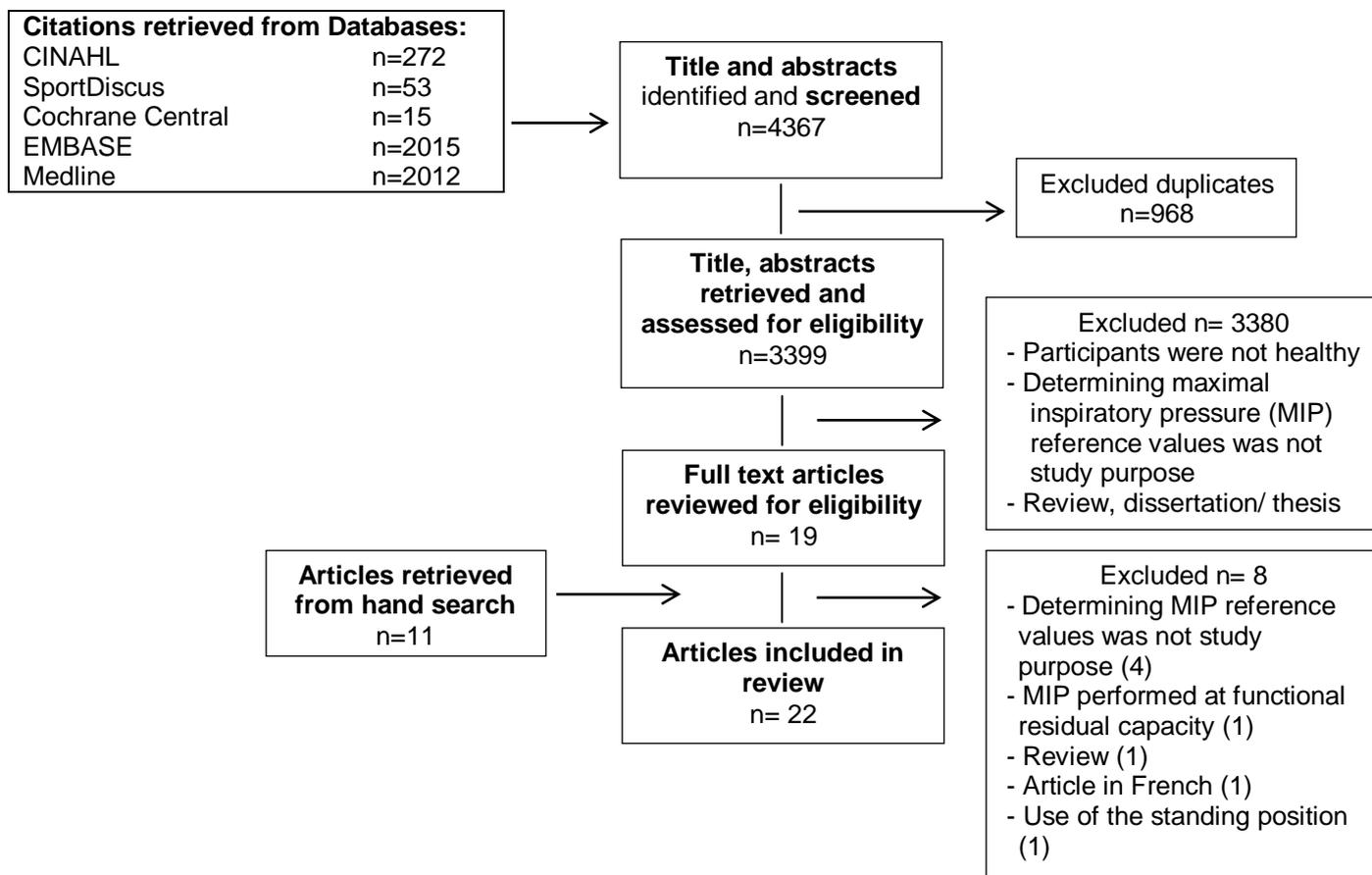
6. Mehta S. Neuromuscular disease causing acute respiratory failure. *Respir Care* 2006; **51**:1016-21.
7. Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care* 2009; **54**:1348-59.
8. Harik-Khan RI, Wise RA, Fozard JL. Determinants of maximal inspiratory pressure. The Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; **158**:1459-64.
9. Koch B, Schaper C, Ittermann T, Bollmann T, Volzke H, Felix SB, et al. Reference values for respiratory pressures in a general adult population--results of the Study of Health in Pomerania (SHIP). *Clin Physiol Funct Imaging* 2010; **30**:460-5.
10. Gopalakrishna A, Vaishali K, Prem V, Aaron P. Normative values for maximal respiratory pressures in an Indian Mangalore population: A cross-sectional pilot study. *Lung India* 2011; **28**:247-52.
11. COOK CD, MEAD J, ORZALESI MM. Static volume-pressure characteristics of the respiratory system during maximal efforts. *J Appl Physiol* 1964; **19**:1016-22.
12. Ringqvist T. The ventilatory capacity in healthy subjects. An analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. *Scand J Clin Lab Invest* 1966; **88**:5-179.
13. Leech JA, Ghezzi H, Stevens D, Becklake MR. Respiratory pressures and function in young adults. *Am Rev Respir Dis* 1983; **128**:17-23.
14. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RH, Spiro SG. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax* 1984; **39**:535-8.
15. Camelo Jr. JS, Terra Filho JT, Manco JC. Pressões respiratórias máximas em adultos normais. *J Pneumol* 1985; **11**:181-4.
16. Vincken W, Ghezzi H, Cosio MG. Maximal static respiratory pressures in adults: normal values and their relationship to determinants of respiratory function. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1987; **23**:435-9.
17. McElvaney G, Blackie S, Morrison NJ, Wilcox PG, Fairbairn MS, Pardy RL. Maximal static respiratory pressures in the normal elderly. *Am Rev Respir Dis* 1989; **139**:277-81.
18. Bruschi C, Cerveri I, Zoia MC, Fanfulla F, Fiorentini M, Casali L, et al. Reference values of maximal respiratory mouth pressures: a population-based study. *Am Rev Respir Dis* 1992; **146**:790-3.
19. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB, Hyatt RE. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values.

- Cardiovascular Health Study Research Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;**149**:430-8.
20. Karvonen J, Saarelainen S, Nieminen MM. Measurement of respiratory muscle forces based on maximal inspiratory and expiratory pressures. *Respiration* 1994;**61**:28-31.
  21. Enright PL, Adams AB, Boyle PJ, Sherrill DL. Spirometry and maximal respiratory pressure references from healthy Minnesota 65- to 85-year-old women and men. *Chest* 1995;**108**:663-9.
  22. Johan A, Chan CC, Chia HP, Chan OY, Wang YT. Maximal respiratory pressures in adult Chinese, Malays and Indians. *Eur Respir J* 1997;**10**:2825-8.
  23. Pande JN, Verma SK, Singh SP, Guleria R, Khilnani GC. Respiratory pressures in normal Indian subjects. *Indian J Chest Dis Allied Sci* 1998;**40**:251-6.
  24. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 1999; **32**:719-27.
  25. Hautmann H, Hefele S, Schotten K, Huber RM. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects--what is the lower limit of normal? *Respir Med* 2000; **94**:689-93.
  26. Wohlgemuth M, van der Kooi EL, Hendriks JC, Padberg GW, Folgering HT. Face mask spirometry and respiratory pressures in normal subjects. *Eur Respir J* 2003;**22**:1001-6.
  27. Windisch W, Hennings E, Sorichter S, Hamm H, Criece CP. Peak or plateau maximal inspiratory mouth pressure: which is best? *Eur Respir J* 2004;**23**:708-13.
  28. Sachs MC, Enright PL, Hinckley Stukovsky KD, Jiang R, Barr RG. Performance of maximum inspiratory pressure tests and maximum inspiratory pressure reference equations for 4 race/ethnic groups. *Respir Care* 2009;**54**:1321-8.
  29. Simões RP, Deus AP, Auad MA, Dionisio J, Mazzonetto M, Borghi-Silva A. Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central Sao Paulo State. *Rev Bras Fisioter* 2010;**14**:60-7.
  30. Costa D, Goncalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MI. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol* 2010;**36**:306-12.
  31. Carpenter MA, Tockman MS, Hutchinson RG, Davis CE, Heiss G. Demographic and anthropometric correlates of maximum inspiratory pressure: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;**159**:415-22.

32. McConnell AK, Copestake AJ. Maximum static respiratory pressures in healthy elderly men and women: issues of reproducibility and interpretation. *Respiration* 1999;**66**:251-8.
33. Chen HI, Kuo CS. Relationship between respiratory muscle function and age, sex, and other factors. *J Appl Physiol* 1989;**66**:943-8.
34. Koulouris N, Mulvey DA, Laroche CM, Green M, Moxham J. Comparison of two different mouthpieces for the measurement of Pimax and Pemax in normal and weak subjects. *Eur Respir J* 1988; **1**:863-7.
35. Mayos M, Giner J, Casan P, Sanchis J. Measurement of maximal static respiratory pressures at the mouth with different air leaks. *Chest* 1991;**100**:364-6.
36. Whiting P, Rutjes AW, Reitsma JB, Bossuyt PM, Kleijnen J. The development of QUADAS: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews. *BMC Med Res Methodol* 2003; **10**:3-25.
37. Whiting PF, Weswood ME, Rutjes AW, Reitsma JB, Bossuyt PN, Kleijnen J. Evaluation of QUADAS, a tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *BMC Med Res Methodol* 2006;**6**:9.
38. Borenstein M, Hedges L, Rothstein H. Meta-analysis: Fixed effect vs random effects. Available from: [http://www.meta-analysis.com/downloads/Meta-analysis%20fixed%20effect%20vs%20random%20effects\\_orig.pdf](http://www.meta-analysis.com/downloads/Meta-analysis%20fixed%20effect%20vs%20random%20effects_orig.pdf) [Accessed 08.01.2012].
39. Wilson DB. Meta-analysisstuff. Available from: <http://mason.gmu.edu/~dwilsonb/home.html>. [Accessed 01.06.2012].
40. Pigott T. Fixed and random effect models in meta-analysis. Available from: [http://www.campbellcollaboration.org/artman2/uploads/1/2\\_Pigott\\_RandomFixedModels.pdf](http://www.campbellcollaboration.org/artman2/uploads/1/2_Pigott_RandomFixedModels.pdf). [Accessed 05.08.2012].
41. Marín-Martínez F, Sánchez-Meca J. Weighting by inverse variance or by sample size in random effects meta-analysis. *Educational and Psychological Measurement* 2010;**70**:56-73.
42. Arora NS, Rochester DF. Respiratory muscle strength and maximal voluntary ventilation in undernourished patients. *Am Rev Respir Dis* 1982; **126**:5-8.
43. Rodrigues F, Bárbara C. Pressões respiratórias máximas - Proposta de um protocolo de procedimentos. *Rev Port Pneumol* 2000; **4**:297-307.
44. Charfi MR, Martran R, Regnard J, Richard MO, Champeau J, Dall'Ava J, et al. Les pressions ventilatoires maximales a la bouche chez l'adulte: valeurs normales et variables explicatives. *Rev Mal Respir* 1991;**8**:367-74.

45. Quanjer PH, Hall GL, Stanojevic S, Cole TJ, Stocks J. Age- and height-based prediction bias in spirometry reference equations. *Eur Respir J* 2012; **40**:190-7.
46. Hamnegard CH, Wragg S, Kyroussis D, Aquilina R, Moxham J, Green M. Portable measurement of maximum mouth pressures. *Eur Respir J* 1994; **7**:398-401.

Figure 1. Flow chart



**Table 1. Ratings of QUADAS Assessment.**

Article	QUADAS Ratings							Total Out of 7
	1	2	3	9	12	13	14	
Cook <i>et al</i> , 1963	No	No	No	No	No	No	Unclear	0
Ringqvist, 1966	No	No	No	No	Yes	No	Yes	2
Black & Hyatt, 1969	No	No	No	Unclear	No	No	Unclear	0
Leech <i>et al</i> , 1983	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	5
Wilson <i>et al</i> , 1984	No	No	No	No	No	No	Unclear	0
Camelo Jr. <i>et al</i> , 1985	No	No	No	Yes	No	Yes	Unclear	2
Vincken <i>et al</i> , 1987	No	No	No	Yes	No	Unclear	Unclear	1
McElvaney <i>et al</i> , 1989	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	6
Bruschi <i>et al</i> , 1992	No	No	No	Yes	No	Yes	Yes	3
Enright <i>et al</i> , 1994	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	3
Enright <i>et al</i> , 1995	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	7
Johan <i>et al</i> , 1997	Yes	Yes	Unclear	Unclear	Yes	No	Unclear	3
Pande <i>et al</i> , 1998	Yes	Yes	No	No	Yes	No	Unclear	3
Harik-Khan <i>et al</i> , 1998	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	7
Neder <i>et al</i> , 1999	Yes	Yes	No	No	Yes	No	Unclear	3
Hautmann <i>et al</i> , 2000	Yes	Yes	No	No	Yes	Unclear	Yes	4
Wohlgemuth <i>et al</i> , 2003	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Unclear	5
Windisch <i>et al</i> , 2004	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Unclear	5
Sachs <i>et al</i> , 2009	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	3
Simões <i>et al</i> , 2010	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	6
Costa <i>et al</i> , 2010	Yes	Yes	No	No	Yes	No	Unclear	3
Gopalakrishna <i>et al</i> , 2011	No	No	No	No	No	No	Unclear	0
Subtotals for items	12	12	6	10	15	6	10	

**Quadas Items<sup>36</sup>**

1. Was the spectrum of patients representative of the patients who will receive the test in practice?
2. Were selection criteria clearly described?
3. Is the reference standard likely to correctly classify the target condition?
9. Was the execution of the reference standard described in sufficient detail to permit its replication?
12. Were the same clinical data available when test results were interpreted as would be available when the test is used in practice?
13. Were uninterpretable/intermediate test results reported?
14. Were withdrawals from the study explained?

Table 2. Characteristics of participants (22 studies).

Study ,year Sample size (M:F ratio)	Age (yr) Number of M:F	Height (cm) (Mean $\pm$ SD, range)	Weight (Kg) (Mean $\pm$ SD or range)	BMI (mean $\pm$ SD or IC 95%)	FEV <sub>1</sub> (L, % predicted, 95% CI)	No lung disease	Smoking status
Cook <i>et al</i> , 1963 n = 32 (23:9)	M: Group 3:18-47 M: Group 4:49-64	M: Group 3: 181.2 M: Group 4: 177.0 F: Group 6: 164.4	NR	NR	NR	NR	NR
Ringqvist, 1966 n = 200 (106:94)	18-83	Each age group	Each age group	NR	NR	Yes	NR
Black & Hyatt, 1969 n = 120 (60:60)	20-74	NR	NR	NR	NR	Yes	Not smokers and smokers
Leech <i>et al</i> , 1983 n=595 (252:343)	15-35	Each age group	Each age group	NR	M: 4.5 – 4.6 <sup>4</sup> F: 3.21 – 3.36	NR	Smokers and former smokers
Wilson <i>et al</i> , 1984 n=135 (48:87)	18-49 >50	M: 179 $\pm$ 6 F: 163 $\pm$ 7	M: 74.5 $\pm$ 8.5 F: 61.4 $\pm$ 9	NR M: 20, F: 23	NR	Yes	Smokers and former smokers
Camelo <i>et al</i> , 1985 n=60 (30:30)	20-49	M: 170 $\pm$ 7.7 F: 160.2 $\pm$ 6.2	M: 70.0 $\pm$ 10.8 F: 56.0 $\pm$ 9.1	NR M:24, F: 22	NR	NR	Smokers, former and never smokers
Vincken <i>et al</i> , 1987 n=106 (46:60)	16-79	M: 172 $\pm$ 7 F: 160 $\pm$ 7	M: 74 $\pm$ 9 F: 59 $\pm$ 10.0	NR M: 25, F: 23	NR	Yes	Not smokers and smokers
McElvaney <i>et al</i> , 1989 n=104 (40:64)	>55	M: 174 $\pm$ 7 F: 161 $\pm$ 6	M: 107 $\pm$ 10 F: 112 $\pm$ 12	NR	M: 120 $\pm$ 13 F: 117 $\pm$ 17	Yes	NR
Bruschi <i>et al</i> , 1992 n=669 (290:379)	18-70	NR	NR	NR	NR	Yes	Not smokers and smokers
Enright <i>et al</i> , 1994 n=2871 (1,269:1,602)	>65	M: 173.2 $\pm$ 6.59 F: 158.8 $\pm$ 6.30	M: 79.5 $\pm$ 11.6 F: 66.2 $\pm$ 12.5	NR M: 26.50, F: 26.25	NR	NR	Not smokers and former smokers
Enright <i>et al</i> , 1995 n=228 (112:176)	> 65	M: 171.25 F: 157	M: 79.65 F: 65.7	M: 26.4 (22-32) F: 26 (20-34)	M: 2.86 (1.97-3.67) F: 1.89 (1.24-2.56)	Yes	Not smokers and former smokers
Johan <i>et al</i> , 1997 Chinese n= 221 (131:90) Malay n= 111(69:42) Indian n= 120 (77:43)	20-80	M Chinese: 167.0 $\pm$ 7.0 M Malay:163.9 $\pm$ 6.3 M Indian: 166.3 $\pm$ 6.4  F Chinese:156.6 $\pm$ 5.5 F Malay:154.8 $\pm$ 5.0 F Indian: 155.2 $\pm$ 6.5	M Chinese:64.1 $\pm$ 9.8 M Malay:64.3 $\pm$ 11.3 M Indian:67.2 $\pm$ 11.6  F Chinese:53.6 $\pm$ 9.2 F Malay: 57.8 $\pm$ 14.0 F Indian: 55.7 $\pm$ 11.2	NR M Chinese: 23 M Malay: 23.9 M Indian: 24.3  FChinese:21.9 FMalay: 24.1 FIndian: 23.1	NR	Yes	Not smokers and former smokers
Pande <i>et al</i> , 1998 n=273 (153:120)	20-65	M: 165.6 $\pm$ 6.1 F: 153.5 $\pm$ 5.2	M: 62.5 $\pm$ 11.7 F: 57.5 $\pm$ 10.9	M: 22.8 $\pm$ 3.8 F: 24.6 $\pm$ 4.8	M: 2.15 $\pm$ 0.48 F: 3.18 $\pm$ 0.64	Yes	Not smokers

<sup>4</sup> The range is shown because the authors reported mean data for smokers, nonsmokers, and ex smokers in four age groups

Harik-Khan <i>et al</i> , 1998 n=267 (139:128)	< 39.9 - > 74.9	M: 164.2 ± 7.3 F: 177.6 ± 6.6	M: 64.7 ± 11.9 F: 81.7 ± 13.3	M: 25.8 ± 3.6 F: 23.9 ± 4.1	M: 91.7 ± 12.0 F: 98.0 ± 10.3	Yes	Not smokers, former, occasional, current smokers
Neder <i>et al</i> , 1999 n=100 (50:50)	20-80	M: 168.4 ± 6.2 F: 157.1 ± 7.1 Each age group	M: 73.8 ± 10.7 F: 62.5 ± 10.8 Each age group	M: 25.3 ± 3.9 F: 24.7 ± 4.0 Each age group	M: 2.51 – 4.14 <sup>b</sup> F: 1.85 – 3.01	Yes	Not smokers
Hautmann <i>et al</i> , 2000 n=504 (248:256)	18-82	M: 176.9 ± 6.82 F: 164.9 ± 6.37	M: 78.3 ± 10.9 F: 66.4 ± 10.8	M: 25 ± 3.4 F: 24.5 ± 3.92	M: 4.01 ± 0.93 M: 106 ± 21 F: 3.01 ± 0.71 F: 109 ± 19	Yes	Smokers, former and no-smokers
Wohlgemuth <i>et al</i> , 2003 n=252 (126:126)	18-80	Each age group	Each age group	NR	NR	Yes	Smokers, former
Windisch <i>et al</i> , 2004 n= 490 (204:286)	10- 90	M: 179.5 ± 7.7 (143-199) F: 166.4 ± 7.0 (147-188)	M: 77.9 ± 11.2 (32- 115) F: 66.0 ± 10.9 (38-109)	M: 24.2 ± 3.1 (15.6- 34.0) F: 23.9 ± 4.1 (16.4- 39.6)	Mean FEV <sub>1</sub> 3.5 ± 0.8 (L) 99.8 ± 10.6 (%)	Yes	Smokers, former and never smokers
Sachs <i>et al</i> , 2009 n = 1755 (872:883)	45-84	M: 172 F: 158	M: 80.45 F: 68.18	NR M: 27.19 F: 27.31	FEV <sub>1</sub> > 65%	Yes	Not smokers
Simões <i>et al</i> , 2010 n = 140 (70:70)	20-89	Each age group	Each age group	Each age group	M: 92 ± 8 F: 93 ± 7	Yes	Not smokers
Costa <i>et al</i> , 2010 n=120 (60:60)	20-80	Each age group	Each age group	Each age group	NR	Yes	Not smokers
Gopalakrishna <i>et al</i> , 2011 n=250 (125:125)	20-70	M: 165.70 ± 7.56 F: 155.99 ± 5.81 Each age group	M: 64.62 ± 9.73 F: 56.41 ± 9.90 Each age group	M: 23.54 ± 3.21 F: 23.17 ± 3.89 Each age group	NR	Yes	Not smokers

NR = not reported, M = Male; F = Female; FEV<sub>1</sub>, = Forced expiratory volume in 1 second, 95% CI = 95% confidence intervals.

<sup>5</sup> Range shown because authors reported mean data for six age groups.

Table 3. Characteristics of methods (22 studies).

Authors, Year	Mouthpiece Type	Small leak (Size)	Pressure evaluated	Starting Volume	Total time of the maneuver	Noseclip	Number of trials	Criterion for stopping	Instruction	LLN (percentile or cmH <sub>2</sub> O)
Cook <i>et al</i> , 1963	Tube	NR	Peak	RV and FRC	Without control	Yes	2 or more	NR	Yes	NR
Ringqvist, 1966	Tube	Yes (2mm)	Peak	RV	Maximum 1,5s	Yes	At least 5	Highest pressure	Yes	NR
Black & Hyatt, 1969	Tube	Yes (2mm)	Peak	RV	At least 1s	Yes	At least 2	Highest pressure	Yes	NR
Leech <i>et al</i> , 1983	NR	Yes (0.90mm)	Peak	RV	NR	NR	Maximum of 3	Highest pressure	Yes	NR
Wilson <i>et al</i> , 1984	Flanged	Yes. Size NR	Peak	RV	At least 1s	No	At least 3	2 identical readings	NR	NR
Camelo <i>et al</i> , 1985	Tube	Yes (2mm)	Peak	RV	At least 1s	Yes	At least 4	Highest pressure	Yes	NR
Vincken <i>et al</i> , 1987	Flanged	Yes (1.27mm)	Plateau	RV	At least 1s	Yes	At least 4	Highest pressure. <5% two trials*	Yes	NR
McElvaney <i>et al</i> , 1989	Tube	Yes (0.6mm)	Peak	RV	At least 1s	Yes	At least 3	Highest pressure. <5% of three trials	NR	NR
Bruschi <i>et al</i> , 1992	Tube	Yes (1.06mm)	Peak	RV and FRC	At least 1s	Yes	At least 5	Highest pressure	Yes	NR
Enright <i>et al</i> , 1994	Tube	Yes (1mm)	Peak	RV	2s	Yes	3-5	Highest pressure. <10% of two trials	Yes	Yes (5 <sup>th</sup> %) M: -41; F: -32
Enright <i>et al</i> , 1995	Tube	Yes (1mm)	Peak	RV	2s	Yes	5	Highest pressure. <10% of two trials	Yes	Yes (5 <sup>th</sup> %) M: -42; F: -38
Johan <i>et al</i> , 1997	Flanged	Yes. Size NR	Peak	RV	At least 1s	Yes	3-5	Highest pressure of three similar trials <sup>§</sup>	Yes	NR
Pande <i>et al</i> , 1998	NR	Yes (1.27mm)	Peak	RV	At least 2s	NR	NR	Highest pressure	NR	NR
Harik-Khan <i>et al</i> , 1998	Tube	Yes (1mm)	Peak	RV	2s	NR	Maximum 5	Highest pressure. <10% of two trials	NR	Yes (5 <sup>th</sup> %) M: -37; F: -32
Neder <i>et al</i> , 1999	Flanged	Yes. Size NR	Peak	RV	At least 1s	Yes	3-5	Highest pressure. <10% of three trials*	Yes	Yes (1.96xSEE) M: -34; F: -18
Hautmann <i>et al</i> , 2000	NR	Yes. Size NR	Plateau	RV	At least 2s	Yes	At least 7	Highest pressure	Yes	Yes (5 <sup>th</sup> %) M: x0.60; F: x0.59
Wohlgemuth <i>et al</i> , 2003	Face Mask	Yes (2mm)	Peak	RV	At least 1s	Not applicable	At least 3	Highest pressure varying <5%	Yes	NR
Windisch <i>et al</i> , 2004	Flanged	Yes (2mm)	Peak and Plateau	RV and FRC	At least 1s	Yes	At least 7	Highest pressure. <10% of two trials <sup>#</sup>	Yes	Yes (5 <sup>th</sup> %); according to age in decades
Sachs <i>et al</i> , 2009	Tube	NR	Plateau	RV	At least 1s	NR	5	Highest pressure <10% of two trials <sup>**</sup>	Yes	Yes (NR) (M: -40; F: -36)

Simões <i>et al</i> , 2010	Tube	Yes (2mm)	Plateau	RV	About 1 s	Yes	At least 3	Highest pressure <10% of all trials	Yes	Yes (1.645×SEE) M: -25; F: -69
Costa <i>et al</i> , 2010	NR	Yes (2mm)	Peak	RV	At least 1s	Yes	At least 3	Highest pressure <10% of two trials <sup>#</sup>	Yes	Yes (5 <sup>th</sup> %) M: -23.38; F: -28.83
Gopalakrishna <i>et al</i> , 2011	NR	NR	Peak	RV	At least 1s	Yes	At least 3	Highest pressure <10% of two trials <sup>#</sup>	Yes	NR

NR = not reported, FRC = functional residual capacity, RV = residual volume. Definitions: peak pressure: the highest value reached during a brief maximal effort, plateau pressure: the highest pressure sustained for some minimum period, \*,<sup>#</sup>,<sup>\$</sup> = learned effect = \* he last measurement did not the highest, #The highest value did not exceed the second highest value by 5 or 10%, \$ subject unable to perform better, LLN= value to subtract from or multiply by the predicted value to obtain the Lower Limit of the Normal range, SEE= standard error of the estimate of the model, 5<sup>th</sup> %= fifth percentile of the negative residuals of maximal inspiratory pressure.

Table 4. Maximal inspiratory pressure for men and women in different age groups from random effects model of meta-analysis (means and 95% confidence intervals are shown).

Group	Men			Women		
	Studies/ Sample size	mean	95% Confidence Intervals	Studies/ Sample size	mean	95% Confidence Intervals
<b>18-29</b>	6/96	128.0	116.3, 139.5	6/92	97.0	88.6, 105.4
<b>30-39</b>	6/69	128.5	118.3, 138.7	6/66	89.0	84.5, 93.5
<b>40-49</b>	6/72	117.1	104.9, 129.2	6/71	92.9	78.4, 107.4
<b>50-59</b>	5/61	108.1	98.7, 117.6	5/60	79.7	74.9, 84.9
<b>60-69</b>	5/65	92.7	84.6, 100.8	5/66	75.1	67.3, 82.9
<b>70-83</b>	5/63	76.2	66.1, 86.4	5/59	65.3	57.8, 72.7

	Search Type (Medline)	Results
1	exp respiratory muscles/	19602
2	((inspirator* or respirator* or ventilator*) adj2 muscle*).mp. [mp=title, abstract, original title, name of substance word, subject heading word, protocol supplementary concept, rare disease supplementary concept, unique identifier]	7946
3	Muscle Strength/	5839
4	(PImax or MIP or Maxim* inspiratory pressure).mp.	9772
5	maximal static inspiratory pressure.mp. [mp=title, abstract, original title, name of substance word, subject heading word, protocol supplementary concept, rare disease supplementary concept, unique identifier]	21
6	Respiratory Function Tests/	35949
7	pulmonar* function test*.mp.	7599
8	Reference Values/	136019
9	reference equation*.mp.	231
10	((normal or normative or reference) adj2 value*).mp. [mp=title, abstract, original title, name of substance word, subject heading word, protocol supplementary concept, rare disease supplementary concept, unique identifier]	166241
11	Reference Standards/	29616
12	Reference standard*.mp.	35777
13	or/1-7	75440
14	or/8-12	200512
15	13 and 14	2333
16	limit 15 to (english or portuguese)	2028
17	<b>remove duplicates from 16</b>	<b>2012</b>

## 4 ARTIGO 2: EFEITO APRENDIZADO E PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS: COMPARAÇÃO DE TRÊS PROTOCOLOS<sup>6</sup>

### Resumo

Contextualização: A medida das Pressões Respiratórias Máximas (PRM) constitui-se no método mais utilizado na prática clínica para avaliação da força muscular respiratória. Objetivando-se evitar a seleção de esforços submáximos, alguns critérios de reprodutibilidade têm sido sugeridos, destacando-se os propostos pela *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society* (ATS/ERS), e pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT). Entretanto, não foram encontrados na literatura estudos que confrontassem estes dois critérios de reprodutibilidade, ou que investigassem a combinação de ambos. Objetivos: Avaliar os valores pressóricos selecionados e o número de manobras necessárias para se alcançar o desempenho máximo a partir do emprego dos critérios de reprodutibilidade propostos pela ATS/ERS, pela SBPT e pelo presente estudo. Métodos: Foram avaliados 113 indivíduos saudáveis ( $43,04 \pm 16,94$  anos), de ambos os sexos, considerando as recomendações da ATS/ERS, SBPT e o critério de reprodutibilidade proposto pelo presente estudo. Para análise estatística, aplicou-se a estatística descritiva, seguida pelo teste ANOVA para medidas repetidas com *post hoc* LSD, ou pelo teste de *Friedman* com *post hoc* *Wilcoxon*, de acordo com a distribuição dos dados. Resultados: O número de manobras necessárias para contemplar o critério de reprodutibilidade proposto pelo presente estudo foi significativamente maior em relação aos demais critérios avaliados. Da mesma forma, a utilização do critério proposto resultou na seleção de valores pressóricos mais elevados. Conclusão: A utilização do critério de reprodutibilidade proposto pelo presente estudo proporcionou a seleção de valores pressóricos mais próximos da real capacidade máxima dos sujeitos avaliados.

**Palavras-chave:** Pressões Respiratórias Máximas, Testes de Função Respiratória, Força Muscular.

---

<sup>6</sup> Isabela M. B. Sclauser Pessoa, Cristina Martins Coelho, Liliane Patrícia de Souza Mendes, Dayane Montemezzo, Danielle Aparecida Gomes Pereira, Verônica Franco Parreira. Revista Brasileira de Fisioterapia. <http://submission.scielo.br/index.php/rbfis>

**Abstract**

**Background:** The assessment of maximal respiratory pressures (MRP) is the most widely used method in the clinical practice to evaluate the respiratory muscle strength. In order to ensure the selection of maximal efforts, some reproducibility criteria have been suggested. It can be highlighted the ones proposed by the American Thoracic Society (ATS) and European Respiratory Society (ERS), and by the Brazilian Thoracic Association (SBPT). However, there were found no studies that confronted these two reproducibility criteria, or that assessed the combination of both. **Objectives:** To assess the pressure values selected and the number of maneuvers required to achieve maximum performance using the reproducibility criteria proposed by the ATS/ERS, by the SBPT and by the present study. **Methods:** 113 healthy subjects ( $43.04 \pm 16.94$  years), from both gender, underwent MRP assessments, according to recommendations proposed by the ATS/ERS, by the SBPT, and the reproducibility criterion proposed by the present study were studied. For statistical analysis, it was used the descriptive statistics, followed by ANOVA for repeated measures and post hoc LSD, or by Friedman test and post hoc Wilcoxon, according to data distribution. **Results:** A significant higher number of maneuvers were required to achieve the reproducibility criterion proposed by the present study. Also, the use of this criterion resulted in the selection of highest pressure values. **Conclusion:** Reproducibility criterion proposed by the present study resulted in the selection of pressure values closer to the individual's maximal capacity.

**Key words:** Maximal Respiratory Pressures, Respiratory Function Tests, Muscle Strength.

## Introdução

A medida das Pressões Respiratórias Máximas (PRM) constitui-se no método não invasivo mais utilizado na prática clínica para avaliação da força muscular respiratória<sup>1</sup>. As propriedades psicométricas da pressão inspiratória máxima (Plmáx) e da pressão expiratória máxima (PEmáx) foram previamente estudadas e são consideradas adequadas<sup>1,2</sup>.

Desde 1960 vários grupos de pesquisadores estabeleceram valores de normalidade para as PRM, principalmente para a Plmáx<sup>3-14</sup>. Hipotetiza-se que a diferença dos valores de normalidade entre os diversos estudos possa ser explicada por fatores individuais tais como sexo, idade, altura, peso, preparação física, hábito tabágico, bem como fatores metodológicos relacionados à execução dos procedimentos e a análise dos dados<sup>1,2,15-17</sup>.

Dentre todos os fatores metodológicos apontados na literatura destaca-se a definição do critério de finalização do teste, i.e., o número de manobras realizadas; o que se considera reprodutibilidade e a impossibilidade do maior valor ser alcançado na última manobra<sup>3, 6, 9, 10</sup>. O último critério está relacionado com o *efeito aprendido* do teste das PRM<sup>6</sup> uma vez que o teste é volitivo.

Estudos com adultos saudáveis<sup>18</sup> e com alterações respiratórias crônicas<sup>19</sup> observaram o efeito aprendido em relação ao número de manobras necessárias para se alcançar o desempenho máximo. O efeito do aprendizado também foi documentado no estudo de Enright et al.<sup>7</sup>, em uma amostra composta por 2.871 idosos saudáveis entre 65-85 anos. Neste trabalho padronizou-se um número máximo de cinco manobras e constatou-se um forte efeito de aprendizado durante as medidas da Plmáx, com o maior valor registrado na quinta manobra.

Com o intuito de padronizar o procedimento de medida das PRM, tanto a Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia<sup>20</sup> (SBPT) como a *American Thoracic Society* conjuntamente com a *European Respiratory Society*<sup>1</sup> (ATS/ERS) publicaram em 2002 diretrizes para os testes das PRM. Segundo a SBPT<sup>20</sup>, o número mínimo de manobras a ser realizado é de três e a reprodutibilidade da medida é assegurada pela existência de pelo menos duas cujos valores não diferem entre si mais do que 10%. Além disso, caso o maior valor seja alcançado na última tentativa, o teste deverá ter prosseguimento até que um valor menos elevado seja

produzido. Já a ATS/ERS<sup>1</sup> recomendam um número mínimo de três manobras sendo a reprodutibilidade definida pela realização de três medidas que variem entre si menos do que 20%<sup>1</sup>. Entretanto, na literatura não foram encontrados estudos que confrontassem a utilização destes dois diferentes critérios de reprodutibilidade ou que avaliassem a combinação de ambos, sobre os valores pressóricos selecionados. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o número de manobras necessárias para que o indivíduo alcance o desempenho máximo durante as medidas das PRM, bem como comparar os valores pressóricos selecionados a partir do emprego dos critérios de reprodutibilidade propostos pela ATS/ERS<sup>1</sup>, pela SBPT<sup>20</sup> e pelo protocolo proposto pelos autores, sendo esse último elaborado a partir da combinação dos critérios de reprodutibilidade mencionados acima associados à realização de um maior número de manobras de PImáx e PEmáx.

## **Materiais e métodos**

### **Amostra**

A amostra de conveniência foi composta por voluntários de ambos os sexos, selecionados da comunidade interna e externa da Universidade onde o estudo foi realizado. Os critérios de inclusão foram: adultos saudáveis entre 20 e 89 anos, com parâmetros espirométricos normais<sup>21</sup> e índice de massa corporal (IMC) dentro dos parâmetros de normalidade (igual ou superior a 18,5 kg/m<sup>2</sup> e inferior a 29,9 kg/m<sup>2</sup>). Os critérios de exclusão foram: apresentar história de tabagismo atual, bem como exposição a ambiente ocupacional de risco; história de doenças neuromusculares, respiratórias e/ou cardíacas; apresentar déficit cognitivo; ter apresentado febre nas três semanas antecedentes e/ou gripe na semana anterior ao teste; fazer uso de medicamentos como corticoides orais, depressores do sistema nervoso central, barbitúricos e/ou relaxantes musculares; ter realizado atividade física exaustiva nas 48 horas anteriores ao teste; apresentar ausência de elementos dentários; apresentar dor muscular limitante nos membros superiores, apresentar uma pressão arterial em repouso maior ou igual a 180/110 mmHg e/ou saturação periférica da hemoglobina em oxigênio menor que 90% e/ou frequência cardíaca maior que 85% da frequência cardíaca máxima antes da execução das manobras, incapacidade de compreender e/ou executar os procedimentos do protocolo de pesquisa. O seguinte

critério de interrupção foi observado: relato de desconforto respiratório e/ou muscular durante a realização dos testes.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição (CAAC 0425.0.203.000-10) e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

#### Instrumento de medida

Para aferir as PRM foi utilizado um manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG) no qual as pressões são mensuradas por meio de transdutores de pressão, com intervalo operacional de 500 cmH<sub>2</sub>O<sup>22</sup>. Foi utilizado um bocal do tipo mergulhador e um orifício de fuga de 2 mm conforme recomendação da ATS/ERS<sup>1</sup>. As PRM foram operacionalizadas por meio da variável pressão média máxima (PMed<sub>MÁX</sub>)<sup>23-25</sup>.

O manovacuômetro foi calibrado por meio de um calibrador digital (PC507, Hotek Technologies, Tacoma, Washington) (acurácia de 0,025% do fundo de escala) e uma bomba pneumática (8111-300, Presys, São Paulo, Brasil) como estabelecido por Ferreira et al<sup>22</sup>.

#### Procedimentos

A avaliação inicial contemplou os seguintes aspectos: dados pessoais, verificação da massa corporal e da estatura (balança com estadiômetro acoplado, Filizola Ind. Ltda, São Paulo, SP, Brasil), PA (estetoscópio, *Littman Classic II, 3M Center, St.Paul-MN, USA* e esfigmomanômetro, *Tycos, Welch Allyn Inc. Corporate Headquarters, New York-NY, USA*); FC e SpO<sub>2</sub> (oxímetro de pulso, *Nonim, USA*). Em seguida, nos voluntários com mais de 60 anos de idade, foi aplicado o mini-exame de estado mental, considerando-se como ponto de corte para analfabetos (18/19) e para escolares (23/24)<sup>26</sup>. Na sequência, foi realizada a prova de função pulmonar (*Pony FX<sup>®</sup>, Cosmed, Roma, Itália*) de acordo com os critérios de aceitabilidade, reprodutibilidade e graduação de qualidade propostos pela SBPT<sup>27</sup>, adotando-se como referência os valores preditos para a população brasileira<sup>21</sup>. Após repouso de aproximadamente 10 minutos, os indivíduos realizaram a mensuração das PRM. O procedimento inteiro foi realizado em uma única visita e o teste interrompido segundo critério pré-estabelecido.

### Medida das PRM

Os indivíduos permaneceram na posição sentada, com pés e troncos apoiados, utilizando clipe nasal. Para a medida da Plmáx, os participantes foram orientados a respirar de forma tranquila, obedecendo ao seguinte comando verbal: “Ponha o ar para fora, ponha o ar para dentro...”. Dois a três ciclos respiratórios em nível de volume corrente (VC) precederam o teste de Plmáx, sendo em seguida solicitada uma expiração até o volume residual (VR), com indicação deste momento pela elevação da própria mão do participante. Neste momento, o participante foi solicitado a gerar um esforço inspiratório máximo e, simultaneamente, o examinador procedeu ao fechamento do orifício de oclusão. O seguinte comando verbal foi utilizado: “Ponha todo o ar para fora e encha o peito de ar”<sup>20, 25</sup>.

O mesmo procedimento foi realizado para a medida da PEmáx, exceto pela instrução verbal final, que consistiu na solicitação de uma inspiração até a capacidade pulmonar total (CPT) seguida por esforço expiratório máximo<sup>20, 25</sup>.

O tempo mínimo de manobra foi de 1,5 segundos, para que a pressão máxima sustentada por um segundo pudesse ser observada<sup>1</sup>.

### Crítérios de reprodutibilidade

Os valores das PRM coletados foram obtidos após análise a partir dos critérios de reprodutibilidade propostos pela: ATS/ERS<sup>1</sup>, pela SBPT<sup>20</sup> e pelo presente estudo. A ATS/ERS<sup>1</sup> recomenda a realização de três medidas aceitáveis que variem entre si menos do que 20%. A SBPT<sup>20</sup> recomenda a existência de pelo menos duas medidas cujos valores não divergem entre si mais do que 10%; recomenda ainda que, caso o maior valor seja alcançado na última tentativa, o teste tenha prosseguimento, até que um valor menos elevado seja produzido<sup>20</sup>. No critério do protocolo proposto o sujeito deveria realizar pelo menos cinco manobras, com três medidas variando entre si menos do que 20%, sendo que a maior medida não poderia ser a última.

### Redução dos dados

Os dados foram processados pelo software Manovac em três diferentes versões (Manovac 3.0, Manovac 4.0 e Manovac 4.1). O Manovac 3.0 foi programado para selecionar dentre as três manobras aceitáveis, duas reprodutíveis com variação menor que 10% entre elas, assegurando que o último teste não fosse o de maior

valor (atendendo o critério da SBPT). O Manovac 4.0 foi programado para selecionar dentre as manobras aceitáveis, três reproduzíveis com variação menor que 20% entre elas (atendendo o critério da ATS/ERS), independente da última manobra apresentar ou não o maior valor. Para a operacionalização do protocolo proposto pelo presente estudo foi utilizado a versão Manovac 4.1 na qual é possível selecionar dentre as manobras aceitáveis, três reproduzíveis com variação menor que 20% entre elas, sendo que a última manobra não pode ser a de maior valor.

### Análise Estatística

Para análise dos dados, foi considerado separadamente o número de manobras necessárias para se atingir o desempenho máximo e o valor de  $PMed_{MÁX}$  obtido adotando-se os critérios de reprodutibilidade preconizados pela SBPT<sup>20</sup>, pela ATS/ERS<sup>1</sup> e pelo presente estudo.

Inicialmente, procedeu-se a análise exploratória dos dados, pela estatística descritiva e da avaliação da normalidade (teste de *Kolmogorov-Smirnov*). Posteriormente, nos casos em que os dados apresentavam distribuição normal, utilizou-se o teste ANOVA para medidas repetidas, seguido pelo *post hoc* LSD, para os dados com distribuição diferente de normal, utilizou-se o teste de *Friedman*, com *post hoc* *Wilcoxon*. Estabeleceu-se o nível de significância de 5%.

### Resultados

Inicialmente foram contactados 121 voluntários, dos quais 8 foram excluídos por apresentarem distúrbios obstrutivos ou restritivos no teste de função pulmonar. Sendo assim, a amostra final foi composta por 113 voluntários. A tabela 1 apresenta as características demográficas e antropométricas, assim como as variáveis espirométricas dos indivíduos avaliados.

*Inserir tabela 1*

A figura 1 apresenta o número de manobras necessárias para se alcançar o desempenho máximo. O número de manobras foi maior com o protocolo proposto pelo presente estudo, tanto em relação ao protocolo da SBPT<sup>20</sup> ( $PM_{\max}$ ,  $p < 0,001$ ;  $PE_{\max}$ ,  $p < 0,001$ ), quanto da ATS/ERS<sup>1</sup> ( $PM_{\max}$ ,  $p < 0,001$ ;  $PE_{\max}$ ,  $p < 0,001$ ). Quando

foram comparados os protocolos da SBPT<sup>20</sup> e da ATS/ERS<sup>1</sup>, o maior número de manobras foi observado com a utilização do protocolo da SBPT<sup>20</sup>, tanto para a medida de PImáx ( $p < 0,001$ ), quanto para a de PEmáx ( $p < 0,001$ ).

*Inserir figura 1*

A figura 2 apresenta os valores de PMed<sub>MÁX</sub> selecionados a partir da utilização de cada um dos critérios de reprodutibilidade estudados. Pode-se observar que a utilização do critério proposto pelo presente estudo resultou na seleção de valores de PImáx e PEmáx significativamente mais elevados do que os obtidos a partir dos critérios de reprodutibilidade preconizados pela SBPT<sup>20</sup> (PImáx,  $p < 0,001$ ; PEmáx,  $p < 0,001$ ) e pela ATS/ERS<sup>1</sup> (PImáx,  $p < 0,001$ ; PEmáx,  $p < 0,001$ ). Quando foram comparados os protocolos da SBPT<sup>20</sup> e da ATS/ERS<sup>1</sup>, maiores valores pressóricos foram observados com a utilização do protocolo da SBPT<sup>20</sup>, tanto para a medida de PImáx ( $p = 0,023$ ), quanto para a de PEmáx ( $p = 0,002$ ).

*Inserir figura 2*

## **Discussão**

Os principais resultados deste estudo foram: 1- Foi necessário um maior número de manobras (PImáx e PEmáx) para se atingir o critério de reprodutibilidade proposto pelo presente estudo em relação aos demais critérios avaliados; 2- A utilização do critério proposto pelo presente estudo resultou na obtenção de valores pressóricos significativamente maiores, tanto para a PImáx, quanto para a PEmáx.

A mensuração das PRM em nível da boca apresenta como principais vantagens a facilidade de realização e boa tolerância por parte dos pacientes, características que, aliadas ao desenvolvimento de instrumentos de medida portáteis, contribuíram para a disseminação e popularidade desse método de avaliação. Entretanto, por tratar-se de um teste volitivo, requer compreensão e colaboração dos indivíduos avaliados. Sendo assim, baixos valores de PImáx e PEmáx podem não refletir necessariamente redução de força muscular, sendo apenas resultado de pouca motivação e/ou coordenação por parte dos indivíduos. Desta forma, não é necessariamente fácil assegurar que esforços verdadeiramente máximos estejam sendo realizados durante as avaliações<sup>1</sup>.

A literatura reporta que pressões inspiratórias submáximas podem ser geradas com reprodutibilidade semelhante à de pressões máximas<sup>28</sup>. Nesta perspectiva, a seleção de esforços verdadeiramente máximos depende não apenas da determinação de um intervalo de variação máximo entre medidas sucessivas, mas também da realização de um maior número de tentativas por parte dos sujeitos avaliados, considerando-se o efeito aprendido, conforme observado nos resultados do presente estudo.

A maioria dos estudos que buscaram valores de referência das PRM não levou em consideração a necessidade de continuação do teste caso a última manobra fosse a maior<sup>4, 5, 7, 8, 11, 13, 14</sup>. Por outro lado, em alguns estudos alguns autores foram atentos a este aspecto. Sachs et al.<sup>29</sup>, realizaram pelo menos cinco manobras de PImáx e definiram como parâmetro de controle do efeito aprendido a necessidade de realização de três manobras adicionais caso o maior valor fosse obtido na quinta manobra ou se o segundo maior valor fosse menor que 90% do maior valor (variação máxima de 10% entre os dois maiores valores)<sup>1, 20</sup>. Fiz et al.<sup>19</sup> investigaram o número de medidas necessárias para se avaliar adequadamente a PImáx de indivíduos com limitação crônica ao fluxo aéreo. Os voluntários foram submetidos a um protocolo de 20 manobras consecutivas e os resultados indicaram serem necessárias ao menos nove manobras para que medidas máximas e reprodutíveis fossem obtidas. Volianitis et al.<sup>30</sup> estudaram indivíduos saudáveis, avaliados em um protocolo de 18 medidas de PImáx consecutivas, no qual foram evidenciados valores de PImáx progressivamente mais elevados até a décima oitava tentativa. Em ambos os casos, os autores relacionaram os resultados à ocorrência do efeito aprendido. Os resultados do presente estudo também são relacionados à ocorrência deste efeito, uma vez que a utilização do protocolo proposto resultou na realização de um maior número de manobras de PImáx e de PEmáx em relação aos demais protocolos avaliados, proporcionando assim maior familiarização dos indivíduos aos procedimentos de teste.

A utilização do critério de reprodutibilidade proposto pelo presente estudo resultou na seleção de valores de PImáx e PEmáx significativamente mais elevados em relação aos demais protocolos investigados. Entretanto, pode-se observar que os valores pressóricos obtidos a partir da utilização de cada um, embora estatisticamente distintos, apresentaram valores de mediana muito próximos entre si (figura 2). Sendo assim, é possível que em indivíduos saudáveis, sem

comprometimento da musculatura respiratória, a opção por um dos critérios de reprodutibilidade estudados não tenha implicações clínicas significativas, uma vez que os valores pressóricos tenderiam a se apresentar dentro dos limites da normalidade. Por outro lado, em indivíduos com suspeita de fraqueza muscular respiratória, a opção por um critério de reprodutibilidade mais rigoroso, que resulte em valores pressóricos mais próximos da real capacidade máxima dos sujeitos avaliados, pode ser clinicamente significativa, influenciando na classificação de fraqueza muscular respiratória, especialmente entre pacientes cujos valores estejam situados muito próximos do limite inferior da normalidade.

Souza<sup>20</sup> aponta que, por motivos práticos, a maioria dos autores tem limitado em cinco o número de manobras realizadas durante as medidas das PRM. De fato, é questionável na prática clínica a realização de um número excessivo de manobras durante a realização dos testes, principalmente em pacientes com comprometimento respiratório e/ou fraqueza muscular respiratória. Dessa forma, há que se considerar, independente do contexto de prática clínica ou de pesquisa, a possibilidade da seleção de esforços submáximos quando realizado um número pequeno de manobras. Sendo assim, o protocolo proposto pelo presente estudo surge como uma possibilidade viável de seleção de esforços mais próximos da real capacidade máxima dos indivíduos avaliados.

O número de manobras necessárias para alcançar o desempenho máximo utilizando-se o critério proposto pela SBPT<sup>20</sup> também foi significativamente maior em relação ao da ATS/ERS<sup>1</sup>. Tal fato pode ser em parte atribuído ao maior rigor metodológico preconizado pela SBPT<sup>20</sup>. Afinal, além de estabelecer um intervalo de variação menor que o sugerido pela ATS/ERS<sup>1</sup> (10% *versus* 20% desta última), acrescenta a condição da última manobra não ser a de maior valor. Caso este fato ocorra, impõe-se a realização de manobras adicionais, até que um valor pressórico menor seja atingido. O maior número de manobras decorrentes da utilização do critério de reprodutibilidade preconizado pela SBPT<sup>20</sup> pode justificar a seleção de valores pressóricos mais elevados em relação à utilização do critério estabelecido pela ATS/ERS<sup>1</sup>, relacionando-se com o efeito aprendido.

Concluindo, a utilização do protocolo proposto pelo presente estudo, com um mínimo de cinco manobras, resultou na seleção de valores pressóricos maiores em relação aos preconizados pela SBPT<sup>20</sup> e pela ATS/ERS<sup>1</sup>. Sendo assim, o protocolo

proposto apresenta-se como uma alternativa útil na busca da seleção de esforços verdadeiramente máximo durante as medidas das PRM.

## Referências

1. American Thoracic Society / European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(4):518-624.
2. Larson JL, Kim MJ. Reliability of maximal inspiratory pressure. *Nurs Res.* 1987;36(5):317-9.
3. Ringqvist T. The ventilatory capacity in healthy subjects. An analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. *Scand J Clin Lab Invest Suppl.* 1966;88:5-179.
4. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969;99(5):696-702.
5. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RH, Spiro SG. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax.* 1984;39(7):535-8.
6. Vincken W, Ghezze H, Cosio MG. Maximal static respiratory pressures in adults: normal values and their relationship to determinants of respiratory function. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1987;23(5):435-9.
7. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB, Hyatt RE. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994;149(2 Pt 1):430-8.
8. Harik-Khan RI, Wise RA, Fozard JL. Determinants of maximal inspiratory pressure. The Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158(5 Pt 1):1459-64.
9. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res.* 1999;32(6):719-27.
10. Hautmann H, Hefele S, Schotten K, Huber RM. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects--what is the lower limit of normal? *Respir Med.* 2000;94(7):689-93.
11. Windisch W, Hennings E, Sorichter S, Hamm H, Crie CP. Peak or plateau maximal inspiratory mouth pressure: which is best? *Eur Respir J.* 2004;23(5):708-13.
12. Simões RP, Deus AP, Auad MA, Dionisio J, Mazzone M, Borghi-Silva A. Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central Sao Paulo State. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(1):60-7.

13. Costa D, Goncalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MI. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol.* 2010;36(3):306-12.
14. Gopalakrishna A, Vaishali K, Prem V, Aaron P. Normative values for maximal respiratory pressures in an Indian Mangalore population: A cross-sectional pilot study. *Lung India.* 2011;28(4):247-52.
15. Fiz JA, Carreres A, Rosell A, Montserrat JM, Ruiz J, Morera JM. Measurement of maximal expiratory pressure: effect of holding the lips. *Thorax.* 1992;47(11):961-3.
16. Carpenter MA, Tockman MS, Hutchinson RG, Davis CE, Heiss G. Demographic and anthropometric correlates of maximum inspiratory pressure: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;159(2):415-22.
17. Wohlgemuth M, van der Kooi EL, Hendriks JC, Padberg GW, Folgering HT. Face mask spirometry and respiratory pressures in normal subjects. *Eur Respir J.* 2003;22(6):1001-6.
18. Terzi N, Corne F, Mouadil A, Lofaso F, Normand H. Mouth and nasal inspiratory pressure: learning effect and reproducibility in healthy adults. *Respiration.* 2010;80(5):379-86.
19. Fiz JA, Montserrat JM, Picado C, Plaza V, Agusti-Vidal A. How many manoeuvres should be done to measure maximal inspiratory mouth pressure in patients with chronic airflow obstruction? *Thorax.* 1989;44(5):419-21.
20. Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Bras Pneumol.* 2002;28(3):S155-65.
21. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007;33(4):397-406.
22. Ferreira JL, Tierra-Criollo CJ, Pereira NC, Oliveira Júnior M, Vasconcelos FH, Parreira VF. Maximum respiratory pressure measuring system: calibration and evaluation of uncertainty. *SBA Controle Automação.* 2010;21(6):588-97.
23. Hamnegard CH, Wragg S, Kyroussis D, Aquilina R, Moxham J, Green M. Portable measurement of maximum mouth pressures. *Eur Respir J.* 1994;7(2):398-401.
24. Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care.* 2009;54(10):1348-59.
25. Montemezzo D, Vieira DS, Tierra-Criollo CJ, Britto RR, Velloso M, Parreira VF. Influence of 4 interfaces in the assessment of maximal respiratory pressures. *Respir Care.* 2012;57(3):392-8.

26. Brucki SM, Nitrini R, Caramelli P, Bertolucci PH, Okamoto IH. Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil. *Arq Neuropsiquiatr.* 2003;61(3B):777-81.
27. Pereira CAC. Espirometria. *J Pneumol.* 2002;28(3):1-22.
28. Aldrich TK, Spiro P. Maximal inspiratory pressure: does reproducibility indicate full effort? *Thorax.* 1995;50(1):40-3.
29. Sachs MC, Enright PL, Hinckley Stukovsky KD, Jiang R, Barr RG. Performance of maximum inspiratory pressure tests and maximum inspiratory pressure reference equations for 4 race/ethnic groups. *Respir Care.* 2009;54(10):1321-8.
30. Volianitis S, McConnell AK, Jones DA. Assessment of maximum inspiratory pressure. Prior submaximal respiratory muscle activity ('warm-up') enhances maximum inspiratory activity and attenuates the learning effect of repeated measurement. *Respiration.* 2001;68(1):22-7.

Tabela 1: Características demográficas, antropométricas e variáveis espirométricas dos 113 indivíduos.

Variáveis	Voluntários
Idade (anos)	43,04 ± 16,94
Sexo	71 M / 42 H
Massa corporal (kg)	66,98 ± 12,36
Estatura (cm)	166 ± 11
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,26 ± 2,8
VEF <sub>1</sub> (% do previsto)	93,4 ± 13,66
CVF (% do previsto)	93,71 ± 13,73
VEF <sub>1</sub> / CVF	81,75 ± 5,58

Dados apresentados como média e desvio padrão (exceto para variável Sexo). M = mulheres; H = homens; IMC = índice de massa corporal; VEF<sub>1</sub> = volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF = capacidade vital forçada.

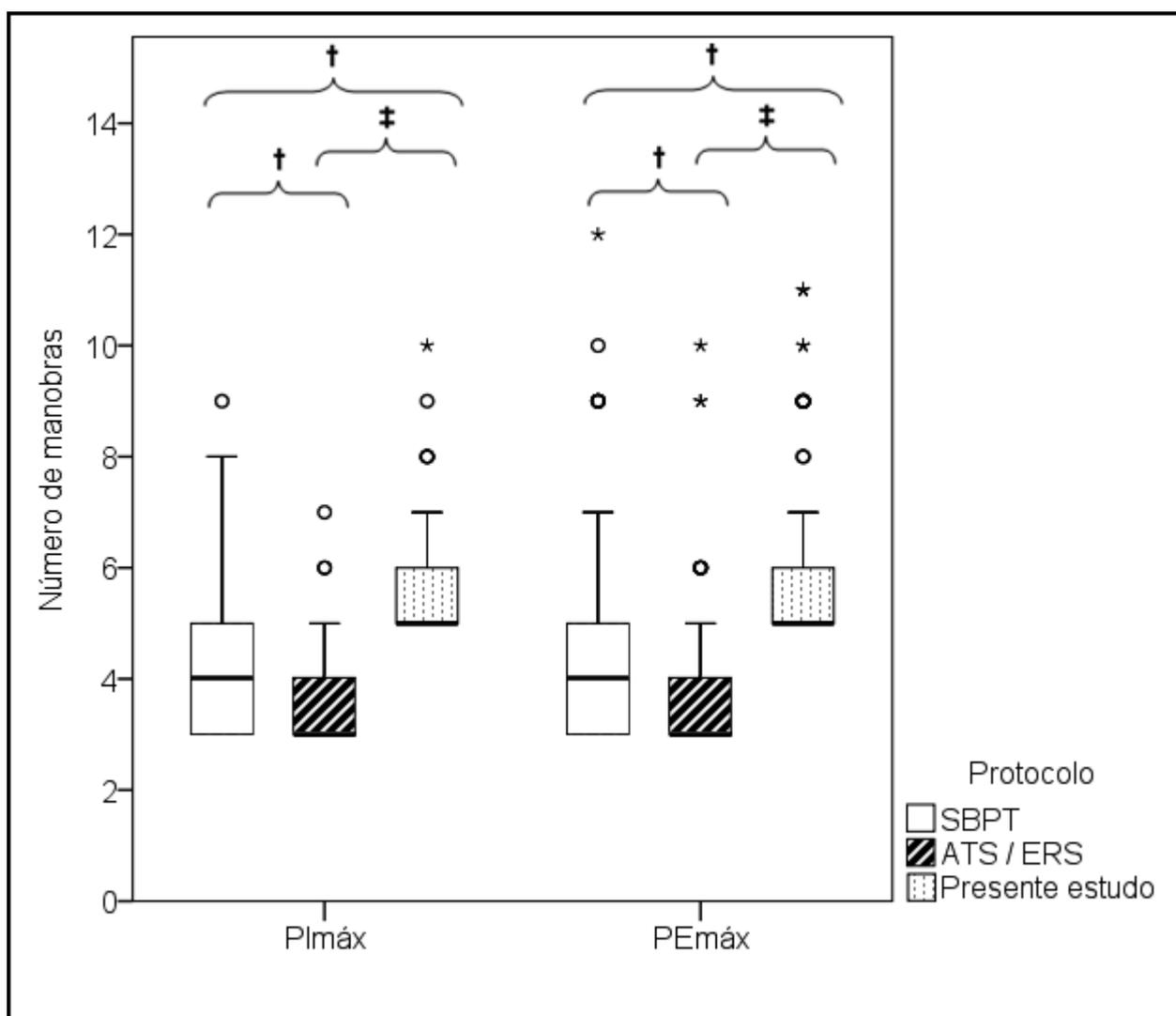


Figura 1: Número de manobras necessárias para se atingir os critérios de reprodutibilidade propostos pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT), pela *American Thoracic Society / European Respiratory Society* (ATS/ERS) e pelo presente estudo. PImáx refere-se à pressão inspiratória máxima e PEmáx à pressão expiratória máxima. o *Outlier*. \* Extremo. Teste de Friedman com *post hoc* Wilcoxon. † Diferença em relação à SBPT. ‡ Diferença em relação à ATS/ERS.

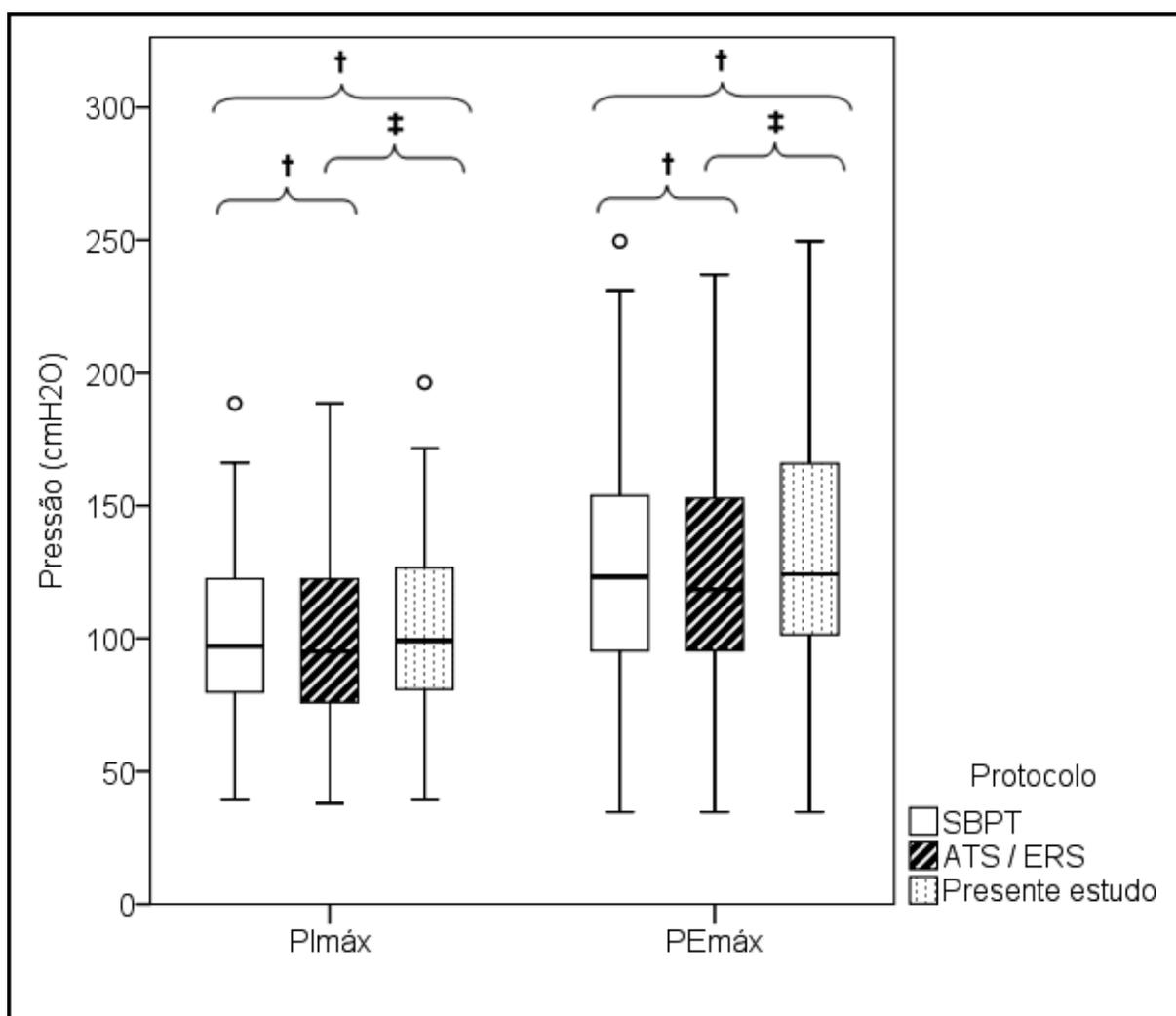


Figura 2: Valores de PImáx e PEmáx selecionados através da utilização dos critérios de reprodutibilidade propostos pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT), pela *American Thoracic Society / European Respiratory Society* (ATS/ERS) e pelo presente estudo. PImáx refere-se à pressão inspiratória máxima; PEmáx à pressão expiratória máxima; cmH<sub>2</sub>O a centímetros de água. ● *Outlier*. Valores de PImáx expressos em termos absolutos. Medidas de PImáx: ANOVA para medidas repetidas com *post hoc* LSD. Medidas de PEmáx: teste de Friedman com *post hoc* Wilcoxon. † Diferença em relação à SBPT. ‡ Diferença em relação à ATS/ERS.

## 5 ARTIGO 3: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES PSICOMÉTRICAS DO MANOVACUÔMETRO DIGITAL DESENVOLVIDO PELA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS<sup>7</sup>

### Resumo

A manovacuometria é um teste simples, rápido e não invasivo que mensura a força muscular respiratória. Diretrizes recomendam o uso de um manovacuômetro digital devido à sua alta precisão. **Objetivo:** Avaliar a reprodutibilidade teste reteste e a validade concorrente do manovacuômetro digital UFMG (Belo Horizonte, Minas Gerais) na mensuração das pressões inspiratórias e expiratórias máximas (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>) e da pressão inspiratória nasal durante o fungar (SNIP) em indivíduos saudáveis. **Métodos:** Foram avaliados 30 indivíduos saudáveis (20-30 anos) utilizando os manovacuômetros digitais UFMG e MicroRPM<sup>®</sup> (*Micro Medical, UK*). As mensurações foram realizadas de forma randomizada em dois dias. Para avaliar a confiabilidade foi utilizado o *Coefficiente de Correlação Intraclasse* (CCI) e teste *t* de *student* para amostras dependentes e para a validade foram utilizados: a correlação de *Pearson*, o teste *t* de *student* para amostras dependentes, a análise de regressão linear e o método Bland-Altman. O nível de significância considerado foi de 5% ( $p < 0,05$ ). **Resultados:** Os valores de CCI foram significativos e de boa magnitude ( $0,76 \leq CCI \leq 0,89$ ) e não foram encontradas diferenças significativas entre as médias das variáveis do manovacuômetro UFMG analisadas nos dois dias ( $p > 0,05$ ). A correlação entre os valores observados nos dois instrumentos foi de alta magnitude para todas as variáveis ( $0,82 \leq r \leq 0,85$ ); não houve diferença significativa entre os valores médios obtidos nos dois instrumentos ( $p > 0,05$ ); foi observada forte associação entre as medidas das PRM obtidas pelos dois métodos e a análise de Bland-Altman não demonstrou superestimação ou subestimação sistemática das PRM e SNIP. **Conclusão:** Os resultados sugerem que o manovacuômetro UFMG é um sistema confiável e válido para avaliação das PRM e SNIP em indivíduos saudáveis.

**Palavras-chave:** Músculos Respiratórios; Testes de Função Respiratória; Reprodutibilidade dos Testes; Validade dos Testes.

---

<sup>7</sup> Isabela M. B. Sclauser Pessoa, Thaysa Leite Tagliaferri, Larissa Tavares Aguiar, Hugo Leonardo Alves Pereira, Verônica Franco Parreira. Fisioterapia e Pesquisa. <http://www.revistasusp.sibi.usp.br>

## ABSTRACT

**Introduction:** The manovacuometer is a simple, quick and non-invasive test which measures the respiratory muscle strength (RMS). Guidelines recommend the use of a digital manovacuometer due to its high accuracy. **Objective:** To assess the test-retest reliability and concurrent validity of the digital manovacuometer UFMG (Belo Horizonte, Minas Gerais) in measuring the maximal inspiratory and expiratory pressures and nasal inspiratory pressure in healthy subjects. **Methods:** 30 healthy subjects were assessed (20-30 years old) using the digital manovacuometer UFMG and MicroRPM<sup>®</sup> (*Micro Medical, UK*). The measurements were done randomly in two days. To assess reliability it was used the Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and Student t test for dependent samples and to assess the validity were used: Pearson correlation, Student t test for dependent samples, linear regression and the Bland-Altman method. The level of significance was set at 5% ( $p < 0.05$ ). **Results:** The ICC values were significant and with a good magnitude ( $0.76 \leq \text{ICC} \leq 0.89$ ) and no significant differences were found between the means of the variables of the digital manovacuometer UFMG analyzed within two days ( $p > 0.05$ ); the correlation between observed values from the two instruments was of high magnitude for all variables ( $0.82 \leq r \leq 0.85$ ); no significant difference were found between the values obtained for both instruments ( $p > 0.05$ ); strong association was observed between measures of PRM obtained by the two methods and Bland-Altman analysis showed no systematic overestimation or underestimation of PRM and SNIP. **Conclusion:** The results suggest that the manovacuometer UFMG is a reliable and valid assessment of PRM and SNIP in healthy subjects.

**Key words:** Respiratory Muscles; Respiratory Function Tests; Reproducibility of Results; Validity of Tests.

## INTRODUÇÃO

No sistema respiratório, a força dos músculos respiratórios (FMR) é refletida pela pressão desenvolvida por esses músculos (pressão motriz do sistema respiratório) a qual comanda a ventilação(1;2). A ventilação desempenha um papel fundamental na adequação das trocas gasosas externas, a principal função pulmonar(1). As manobras clássicas de avaliação da FMR são aquelas nas quais os sujeitos geram esforços inspiratórios (PI<sub>máx</sub>) e expiratórios máximos (PE<sub>máx</sub>) contra uma peça bucal ocluída gerando as pressões respiratórias estáticas máximas (PRM)(2;3). A força muscular inspiratória também é retratada pela pressão inspiratória nasal durante o fungar (*sniff nasal inspiratory pressure*, SNIP) derivada do *sniff teste*, uma manobra dinâmica realizada quando o indivíduo gera um pico de pressão pelo nariz(4).

A manovacuometria, mensuração das PRM e da SNIP, é usada para avaliar a função dos músculos respiratórios em indivíduos saudáveis, pacientes que apresentam dispneia, hiperinsuflação pulmonar, insuficiência respiratória, desnutrição, doenças neuromusculares ou deformidades na caixa torácica(5). Além disso, essa medida também é usada para avaliar a habilidade de tossir e no desmame da ventilação mecânica(2;5;6;19). A medida da SNIP é importante para quantificar o declínio da força muscular inspiratória em pacientes com fraqueza da musculatura orofacial, como na esclerose lateral amiotrófica(7;8). Por essa expressiva aplicabilidade clínica tem-se intensificado a necessidade de pesquisas que desenvolvam manovacômetros confiáveis e válidos para a medida da força muscular respiratória.

Montemezzo *et al.*(9) observaram que o tipo de manovacômetro mais utilizado no Brasil é o analógico, apesar de todas as suas limitações como dificuldade de visualização da pressão sustentada, pequena faixa operacional e impossibilidade de análise gráfica. Os manovacômetros digitais apresentam algumas vantagens em relação aos analógicos, como, por exemplo, permitir a comunicação com *softwares*, possibilitando a visualização gráfica da curva da pressão *versus* tempo em tempo real, o que possibilita avaliar as pressões respiratórias durante toda a manobra de esforço máximo, além de apresentarem um intervalo operacional consideravelmente maior (2;3;5).

Estudos com o manovacômetro digital começaram a ser realizados a partir da década de 80(3). O manovacômetro digital frequentemente reportado nos

estudos para a mensuração das PRM e da SNIP é o MicroRPM<sup>®</sup> (*Micro Medical, UK*) que é o único equipamento importado para a avaliação do *sniff* teste disponível para a comercialização(10). O Núcleo de Estudos e Pesquisa em Engenharia Biomédica (NEPEB) em parceria com o Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), desenvolveram um manovacuômetro digital, que tem vantagens em relação a equipamentos digital disponível no mercado tais como a resolução das medidas de 0,1 cmH<sub>2</sub>O; a escala operacional de 500 cmH<sub>2</sub>O e a mensuração da pressão média máxima, que é recomendada pela *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society* (ATS/ERS)(2;11).

Uma vez que a aplicabilidade de uma medida na pesquisa em reabilitação e na tomada de decisão clínica depende da extensão em que os dados são reprodutíveis e acurados(18), torna-se essencial a avaliação da reprodutibilidade e validade das medidas realizadas por meio do manovacuômetro UFMG, o qual é um instrumento novo com potencial para ser mais eficiente, acessível e barato do que aqueles já existentes. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a reprodutibilidade teste reteste e a validade concorrente das PRM e da SNIP obtidas por meio do manovacuômetro desenvolvido na UFMG.

## **MATERIAIS E MÉTODO**

### *Amostra*

A amostra de conveniência foi composta por voluntários de ambos os sexos, selecionados na comunidade interna e externa da universidade onde o estudo foi realizado. Os critérios de inclusão foram: adultos saudáveis entre 20 e 30 anos, índice de massa corporal (IMC) dentro dos parâmetros de normalidade (igual ou superior a 18,5 kg/m<sup>2</sup> e inferior a 29,9 kg/m<sup>2</sup>)(12), apresentar parâmetros espirométricos dentro da normalidade, conforme os valores previstos para a população brasileira. Os critérios de exclusão foram: incapacidade de compreensão ou realização de alguma manobra ou procedimento, apresentar história de tabagismo atual ou pregressa, bem como exposição a ambiente ocupacional de risco; história de doenças neuromusculares, respiratórias e/ou cardíacas; ter apresentado febre nas três semanas antecedentes e/ou gripe e/ou sinusite na semana anterior ao teste; relatar apresentar desvio de septo nasal ou cirurgia nasal prévia, fazer uso de medicamentos como corticoides orais, depressores do sistema

nervoso central, barbitúricos e/ou relaxantes musculares; ter realizado atividade física exaustiva nas 48 horas anteriores ao teste; apresentar dor muscular limitante, apresentar uma pressão arterial (PA) em repouso maior ou igual a 160/110 mmHg(20) e/ou saturação periférica da hemoglobina em oxigênio (SpO<sub>2</sub>) menor que 90% e/ou frequência cardíaca maior que 85% da frequência cardíaca (FC) máxima antes da execução das manobras. O seguinte critério de interrupção foi observado: relato de desconforto respiratório e/ou muscular durante a realização dos testes.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição (CAAC 0425.0.203.000-10) e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

#### *Instrumentos de medida*

##### Manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG)

Para mensuração das PRM, o manovacuômetro foi conectado a um bocal do tipo mergulhador contendo um orifício de fuga de 2 mm conforme recomendação da ATS/ERS(2). O manovacuômetro é graduado em cmH<sub>2</sub>O, possui um intervalo operacional de  $\pm 500$  cmH<sub>2</sub>O e a resolução das medidas é de 0,1 cmH<sub>2</sub>O. A mensuração da SNIP foi realizada na opção de conexão da PImáx, sendo utilizado para a mesma, um prolongamento de silicone de 60 cm e um plugue nasal de silicone de formato cônico, com base e altura de 2,2 cm e com um orifício de 0,5 mm de diâmetro interno para a transmissão da pressão. As PRM foram operacionalizadas usando o *software* Manovac versão 4.1, por meio das variáveis pressão média máxima (PMed<sub>MÁX</sub>), pressão de Pico (PPico) e pressão platô (PPlatô) e a SNIP foi operacionalizada pela PPico(4;13-15). O manovacuômetro foi calibrado por meio de um calibrador digital (*PC507, Hotek Technologies, Tacoma, Washington*) (acurácia de 0.025% do fundo de escala) e uma bomba pneumática (8111-300, Presys, São Paulo, Brasil) como estabelecido por Ferreira *et al.*(11).

##### Manovacuômetro MicroRPM<sup>®</sup> (*Micro Medical, Rocjester Kent, UK*)

Esse equipamento permite a mensuração das PRM e da SNIP. É composto por um manômetro que avalia e digitaliza os resultados das variáveis PImáx, PEmáx e SNIP em cmH<sub>2</sub>O. A pressão de operacionalização é de  $\pm 300$  cmH<sub>2</sub>O, a resolução das medidas é de 1 cmH<sub>2</sub>O e a precisão é de  $\pm 3\%$ . Para a medida da SNIP, o equipamento oferece quatro plugues nasais de polietileno de diferentes tamanhos

( $1,1 \leq \text{altura} \leq 1,9$  cm;  $3,1 \leq \text{espessura} \leq 3,5$  cm; orifício interno de 0,5 cm) os quais são selecionados pelo próprio voluntário, de acordo com o que ele considera ser mais adequado à sua narina. Para as medidas das PRM, o aparelho possui dois filtros, um inspiratório e outro expiratório, e o bocal é do tipo mergulhador. O manovacuômetro pode ser conectado a um computador e sua operacionalização ocorre por meio do *software* próprio (*PUMA PC, Micro Medical, Rocjester Kent, UK*).

### *Procedimentos*

A avaliação inicial contemplou os seguintes aspectos: dados pessoais, verificação da massa corporal e da estatura (balança com estadiômetro acoplado, Filizola Ind. Ltda, São Paulo, SP, Brasil), PA (estetoscópio, BD, *Becton Drive, Franklin Lakes, NJ, USA* e esfigmomanômetro, *Tycos, Welch Allyn Inc. Corporate Headquarters, New York-NY, USA*); FC e  $\text{SpO}_2$  (*Nonim, USA*). Na sequência, foi realizada a prova de função pulmonar (*Pony FX<sup>®</sup>, Cosmed, Roma, Itália*) de acordo com os critérios de aceitabilidade, reprodutibilidade e graduação de qualidade propostos pela SBPT(16), adotando-se como referência os valores previstos para a população brasileira(17). Após repouso de aproximadamente 10 minutos, os indivíduos realizaram a mensuração das PRM e da SNIP com o manovacuômetro UFMG. Para a avaliação da reprodutibilidade e da validade concorrente das PRM e da SNIP os indivíduos compareceram ao laboratório em um segundo dia, após um intervalo de 2-15 dias, e foram avaliados, no mesmo período do dia, após sorteio dos instrumentos e dos testes de FMR, com os manovacuômetros UFMG e *MicroRPM<sup>®</sup>*. Foi estabelecido um repouso de 10 minutos entre as mensurações nos dois manovacuômetros. Todos os procedimentos foram realizados por um único examinador treinado.

### Medida das PRM

Os indivíduos permaneceram na posição sentada, com pés e troncos apoiados, utilizando clipe nasal. Para a medida da  $\text{Plmáx}$ , os participantes foram orientados a respirar de forma tranquila, obedecendo ao seguinte comando verbal: “Ponha o ar para fora, ponha o ar para dentro...”. Em seguida foi solicitada uma expiração lenta até VR, com indicação desse momento pela elevação da mão dominante do participante e fechamento simultâneo do orifício de oclusão por parte do pesquisador. Neste momento o participante foi orientado a gerar um esforço

inspiratório máximo com o seguinte comando verbal: “Ponha todo o ar para fora e encha o peito de ar.” Neste comando foi utilizada a voz enfática com volume mais alto para indicar a ação a ser realizada(3;15). O mesmo procedimento foi realizado para a medida da PEmáx, exceto pela instrução verbal final, que consistiu na solicitação de uma inspiração até a capacidade pulmonar total seguida por esforço expiratório máximo(3;15).

O tempo mínimo de manobra foi de 1,5 segundos, para que a pressão máxima sustentada por um segundo pudesse ser observada(2). A mensuração das pressões foi considerada completa quando o participante realizou três manobras aceitáveis (sem escape de ar entre os lábios e/ou no clipe nasal e com, pelo menos, um segundo e meio de duração)(3) e, dentre essas, três reproduzíveis (uma com variação igual ou inferior a 10% e a outra com variação de no máximo 20% com a de maior valor)(2;3), desde que esse não tenha sido o último teste realizado(3). As variáveis pressão média máxima, pressão de pico e pressão platô foram selecionadas a partir da manobra com o maior valor da pressão média máxima entre as manobras reproduzíveis.

#### Medida da SNIP

Os indivíduos foram posicionados sentados com os braços apoiados, e o receptor foi inserido no orifício nasal, sem obstrução de acordo com a percepção individual, e a narina contralateral permaneceu sem oclusão. Foi solicitado que o voluntário respirasse em nível da capacidade residual funcional e realizasse, ao comando verbal, uma inspiração rápida e máxima pelo nariz. Todos os voluntários realizaram pelo menos dez manobras, com intervalo de aproximadamente 30 segundos e a PPico de valor mais alto foi selecionada. Nos casos em que a última manobra foi a de maior valor o teste não foi interrompido até que um valor menor fosse obtido(2;4).

#### Análise Estatística

Inicialmente, procedeu-se a análise exploratória dos dados, pela estatística descritiva e da avaliação da normalidade (teste de *Shapiro-wilk*). Para avaliar a reprodutibilidade teste reteste das variáveis inspiratórias e expiratórias (PMedMÁX, PPico e PPlatô) e da SNIP no manovacuômetro UFMG foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) e o teste *t* de *student* para amostras dependentes. Para

avaliar a validade concorrente foi utilizada a correlação de *Pearson* (entre a PMedMÁX inspiratória e expiratória, assim como a SNIP obtidas nos dois instrumentos), o teste *t* de *student* para amostras dependentes, o método Bland-Altman e a análise de regressão. O método de Bland-Altman foi realizado para avaliar a concordância entre dois métodos a partir da visualização gráfica da dispersão entre a diferença e a média das variáveis. A análise de regressão linear foi utilizada para avaliar o grau de associação entre os valores das PRM e da SNIP avaliadas pelo manovacuômetro UFMG e os valores avaliados pelo manovacuômetro MicroRPM<sup>®</sup>. Uma equação linear de regressão foi determinada considerando-se a PImáx, PEmáx e SNIP do manovacuômetro UFMG como variável dependente (Y) e a PImáx, PEmáx e SNIP do manovacuômetro MicroRPM<sup>®</sup> como variável independente (X). O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) referente à equação também foi calculado. O pacote estatístico SPSS versão 15.0 foi utilizado para cálculo do CCI, teste *t* de *student*, correlação de *Pearson* e para análise de regressão linear. O método de Bland-Altman foi realizado por meio do pacote estatístico GraphPad Prism 5. O nível de significância considerado foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

Foram recrutados 31 indivíduos, contudo, um sujeito foi excluído por apresentar alteração na prova de função pulmonar. Sendo assim, 30 voluntários (15 homens e 15 mulheres) foram avaliados.

A tabela 1 apresenta as características demográficas, antropométricas e os dados espirométricos dos participantes.

*Inserir tabela 1*

A tabela 2 apresenta os resultados relativos à reprodutibilidade das variáveis do manovacuômetro UFMG. Todos os valores de CCI encontrados foram significativos e de boa magnitude (valores acima de 0,76). Não foram encontradas diferenças significativas entre as médias de nenhuma das variáveis analisadas entre os dois dias de teste ( $p > 0,05$ ).

*Inserir tabela 2*

A tabela 3 apresenta os resultados relativos à comparação entre as variáveis das PRM dos dois manovacômetros. Não houve diferença significativa entre os valores obtidos nos dois equipamentos para nenhuma das variáveis estudadas.

*Inserir tabela 3*

A tabela 4 apresenta as correlações entre os dados obtidos com os dois manovacômetros. Observou-se que a correlação obtida foi de alta magnitude ( $>0,80$ ) para todas as variáveis.

*Inserir tabela 4*

A equação de regressão dos valores da  $Pl_{\text{máx}}$  obtidos pelo manovacômetro UFMG e pelo manovacômetro MicroRPM foi:  $Pl_{\text{máx}} = 11,87 + 0,86 \times (Pl_{\text{máx}} \text{ Micro RPM}^{\text{®}})$  ( $p=0,000$ ). Foi observado um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,83. A equação de regressão para a  $PE_{\text{máx}}$  foi:  $PE_{\text{máx}} = 0,97 + 0,98 \times (PE_{\text{máx}} \text{ Micro RPM}^{\text{®}})$  ( $p= 0,000$ ) com o  $r^2$  de 0,83. A equação de regressão para a SNIP foi:  $SNIP = 22,87 + 0,75 \times (SNIP \text{ micro RPM}^{\text{®}})$  ( $p=0,000$ ) com  $r^2$  de 0,67.

Na análise estatística gráfica realizada pelo teste Bland-Altman entre as medidas da  $Pl_{\text{máx}}$ ,  $PE_{\text{máx}}$  e SNIP do manovacômetro UFMG e as correspondentes medidas do manovacômetro MicroRPM<sup>®</sup> encontrou-se para a  $Pl_{\text{máx}}$  uma média das diferenças (BIAS) igual a -3 cmH<sub>2</sub>O, um desvio-padrão de 12,9 cmH<sub>2</sub>O e um intervalo de confiança de -28,4 cmH<sub>2</sub>O até 22,0 cmH<sub>2</sub>O (Figura 1a). Para a  $PE_{\text{máx}}$  encontrou-se uma BIAS igual a -2 cmH<sub>2</sub>O, um desvio-padrão de 16,8 cmH<sub>2</sub>O e um intervalo de confiança de -34,9 cmH<sub>2</sub>O até 31,0 cmH<sub>2</sub>O (Figura 1b). Para a SNIP encontrou-se uma BIAS igual a 0,6 cmH<sub>2</sub>O, um desvio-padrão de 15,3 cmH<sub>2</sub>O e um intervalo de confiança de -29,4 cmH<sub>2</sub>O até 30,5 cmH<sub>2</sub>O (Figura 1c).

*Inserir figuras 1a, 1b e 1c*

## DISCUSSÃO

Os principais resultados deste estudo foram: 1 – foi observada uma reprodutibilidade (teste reteste) adequada das medidas do manovacômetro UFMG;

2- foi observada ausência de diferença significativa e uma boa concordância entre as variáveis dos manovacômetros UFMG e MicroRPM<sup>®</sup> refletindo a acurácia da medida.

Utilizar instrumentos e medidas confiáveis e válidos é importante tanto para pesquisadores como para clínicos, uma vez que propriedades de medida adequadas são essenciais para conferir credibilidade e garantir que os valores serão consistentes e reais(18).

Em relação à reprodutibilidade das PRM, Dimitriadis *et al.*(19) avaliaram a reprodutibilidade teste reteste do manovacômetro MicroRPM<sup>®</sup>. Os autores estudaram a PImáx e PEmáx em 15 voluntários saudáveis, com faixa etária entre 18 e 50 anos, na posição sentada e na ortostática, e reportaram valores adequados de reprodutibilidade (CCI>0,80) tanto para mensuração da PImáx quanto da PEmáx. Os resultados do presente estudo sobre a reprodutibilidade do manovacômetro UFMG são similares com valores de CCI > 0,90 refletindo uma excelente correspondência e concordância entre as medidas realizadas, corroborando, portanto, a literatura.

A discussão da reprodutibilidade das demais variáveis avaliadas no presente estudo (PPlatô e PPico) é dificultada pela ausência de estudos que as tenham operacionalizado. No entanto, cabe ressaltar que todos os valores de CCI foram superiores a 0,75, o que segundo Portney e Watkins(18) reflete uma boa correspondência e concordância entre as medidas. Assim, a precisão das medidas do manovacômetro UFMG pode ser considerada adequada para todas as variáveis analisadas.

No que diz respeito à avaliação da validade concorrente, foi observada uma ausência de diferença significativa entre as médias da PImáx, PEmáx e SNIP obtidos por meio do manovacômetro UFMG e pelo manovacômetro MicroMRP<sup>®</sup>; excelente correspondência entre as variáveis e coeficientes de determinação de moderada (SNIP) a alta magnitude (PRM). A análise de Bland-Altman dos valores da PImáx, PEmáx e SNIP obtidos entre os dois manovacômetros mostrou um viés entre as medidas de -3 cmH<sub>2</sub>O, -2 cmH<sub>2</sub>O e 0,5 cmH<sub>2</sub>O e pôde ser verificado a ausência do erro sistemático nas medidas uma vez que as diferenças foram uniformemente e aleatoriamente distribuídas, dessa forma, nenhum dos instrumentos tendeu a superestimar ou subestimar sistematicamente os valores das PRM e da SNIP.

Similarmente ao presente estudo foram os achados de Hamnegard *et al.*(13) que compararam a PImáx e a PEmáx com um manovacuômetro portátil (*Precision Medical, UK*) versus um equipamento laboratorial padrão (*Validyne, USA*) em 13 indivíduos saudáveis e 11 pacientes com doença respiratória. Os autores observaram ausência de diferença significativa entre as médias obtidas nos dois instrumentos e um BIAS de 1,93 cmH<sub>2</sub>O para a PImax e de -0,40 cmH<sub>2</sub>O para a PEmáx, e comprovaram a validade do manovacuômetro portátil.

Em um estudo recente, Severino *et al.*(10) demonstraram que não houve diferença significativa entre os valores obtidos na medida da SNIP entre dois equipamentos digitais (MVD300<sup>®</sup>, BR e MicroRPM<sup>®</sup>, UK), em 18 sujeitos saudáveis com idade entre 18 e 35 anos ( $p>0,05$ ). Além disso, foi demonstrada correlação significativa e de moderada magnitude entre as medidas ( $r=0,63$ ). A análise de Bland-Altman mostrou um BIAS de 7 cmH<sub>2</sub>O, desvio padrão de 32,9 cmH<sub>2</sub>O e intervalo de confiança de -57,5 cmH<sub>2</sub>O até 71,5 cmH<sub>2</sub>O.

O BIAS indica o quanto as diferenças entre os instrumentos avaliados se afastam do valor zero. Para a medida da SNIP o valor de BIAS observado entre os dois manovacuômetros do presente estudo foi menor do que o observado no estudo de Severino *et al.*(10). Além disso, os limites de concordância de 95% ou o erro, que consiste na dispersão dos pontos das diferenças ao redor da média, foram mais adequados indicando que há uma menor diferença ou uma melhor concordância entre as medidas mensuradas pelo manovacuômetro UFMG comparado ao nacional (MVD300<sup>®</sup>, Globalmed, Brasil), já existente no mercado, o que confere vantagem ao novo instrumento nacional.

Uma limitação do presente estudo é o fato de que não foram avaliados indivíduos com disfunção respiratória ou em faixas etárias distintas, como idosos. Assim, estudos futuros com este objetivo podem ser interessantes.

## CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram que a avaliação da FMR por meio das medidas de PImáx, PEmáx e SNIP em indivíduos saudáveis com o manovacuômetro UFMG apresenta valores adequados de confiabilidade teste reteste e validade concorrente quando comparado ao MicroRPM<sup>®</sup>, indicando que o mesmo pode ser utilizado tanto na prática clínica quanto no ambiente de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

1. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests: maximal respiratory pressures and voluntary ventilation, 2. Braz J Med Biol Res 1999 Jun;32(6):719-27.
2. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. Am J Respir Crit Care Med 2002 Aug 15;166(4):518-624.
3. Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. Jornal de Pneumologia 2002;28(Sup 3):155-65.
4. Uldry C, Fitting JW. Maximal values of sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects. Thorax 1995 Apr;50(4):371-5.
5. Rodrigues F, Bárbara C. Pressões respiratórias máximas: proposta de um protocolo de procedimentos. Rev Port Pneumol 2000;VI(4):297-307.
6. Parreira VF, França DC, Zampa CC, Fonseca MM, Tomich GM, Britto RR. Pressões respiratórias máximas: valores encontrados e preditos em indivíduos saudáveis. Rev Bras Fisioter 2007;11(5):361-8.
7. Fitting JW, Paillex R, Hirt L, Aebischer P, Schluemp M. Sniff nasal pressure: a sensitive respiratory test to assess progression of amyotrophic lateral sclerosis. Ann Neurol 1999 Dec;46(6):887-93.
8. Stefanutti D, Benoist MR, Scheinmann P, Chaussain M, Fitting JW. Usefulness of sniff nasal pressure in patients with neuromuscular or skeletal disorders. Am J Respir Crit Care Med 2000 Oct;162(4 Pt 1):1507-11.
9. Montemezzo D, Velloso M, Britto RR, Parreira VF. Pressões respiratórias máximas: equipamentos e procedimentos usados por fisioterapeutas brasileiros. Fisioter Pesq 2010;17(2):147-52.
10. Severino FG, Resqueti VR, Bruno SS, Azevedo IG, Vieira RHG, Fregonezi GAF. Comparação entre o manovacuômetro nacional e o importado para medida da pressão inspiratória nasal. Rev Bras Fisioter 2010;14(5):426-31.
11. Ferreira JL, Pereira NC, Oliveira Jr M, Vasconcelos FH, Parreira VF, Tierra-Criollo CJ. Maximum respiratory pressure measuring system: calibration and evaluation of uncertainty. Revista de Controle e Automação 2010;21(6):588-97.
12. ABESO. Diretrizes brasileiras de obesidade 2009/2010. 3.ed. São Paulo: Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e Síndrome Metabólica, 2009.
13. Hamnegard CH, Wragg S, Kyroussis D, Aquilina R, Moxham J, Green M. Portable measurement of maximum mouth pressures. Eur Respir J 1994 Feb;7(2):398-401.

14. Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care* 2009 Oct;54(10):1348-59.
15. Montemezzo D, Vieira DSR, Tierra-Criollo CJ, Britto RR, Velloso M, Parreira VF. Influence of 4 interfaces in the assessment of maximal respiratory pressures. *Respiratory Care* 2012;57(3):392-8.
16. Pereira CAC. Espirometria. *Jornal de Pneumologia* 2002;28(Sup 3):1-82.
17. Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *J Bras Pneumol* 2007;33(4):397-406.
18. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of clinical research*. 2ª ed. 2000.
19. Dimitriadis Z, Kapreli E, Konstantinidou I, Oldham J, Strimpakos N. Test/retest reliability of maximum mouth pressure measurements with the MicroRPM in healthy volunteers. *Respir Care* 2011 Jun;56(6):776-82.
20. American College of Sports Medicine (ACSM) *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription*. 8.ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2010. 66 p.

Tabela 1 – Dados demográficos, antropométricos e espirométricos dos voluntários

<b>Variáveis</b>	<b>Média (DP)</b>
<b>Sexo</b>	15H/15M
<b>Idade (anos)</b>	23,50 (1,3)
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	22,80 (2,70)
<b>VEF<sub>1</sub> (L)</b>	3,80 (0,69)
<b>VEF<sub>1</sub> (% previsto)</b>	115,93 (0,62)
<b>CVF (% previsto)</b>	112,15 (0,70)
<b>VEF<sub>1</sub>/CVF</b>	85,88 (4,34)

Dados apresentados como média e desvio padrão (DP); H = homem; M = mulher; IMC = índice de massa corporal; VEF<sub>1</sub> = volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF = capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>/CVF = razão entre volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital forçada.

Tabela 2 – Variáveis da confiabilidade teste reteste do manovacuômetro UFMG

Variáveis (cmH <sub>2</sub> O)	Média (DP)	Média (DP)	IC 95%		CCI
	1º dia N (30)	2º dia N (30)	LS	LI	
<i>Pressão Inspiratória Máxima</i>					
<b>PMedMÁX</b>	108,74 (29,08)	106,73 (29,40)	-3,05	7,06	0,89
<b>PPlatô</b>	100,73 (26,62)	95,47 (30,25)	-2,08	12,60	0,76
<b>PPico</b>	120,90 (32,36)	118,17 (30,93)	-3,02	8,49	0,88
<i>Pressão Expiratória Máxima</i>					
<b>PMedMÁX</b>	130,92 (37,76)	135,78 (40,78)	-13,28	3,56	0,84
<b>PPlatô</b>	122,40 (38,04)	125,80 (38,40)	-12,05	5,25	0,82
<b>PPico</b>	139,47 (39,77)	143,60 (43,64)	-13,12	4,86	0,83
<i>SNIP</i>					
<b>SNIP</b>	90,37 (24,04)	94,33 (23,01)	-9,83	1,90	0,78

Dados apresentados como média e desvio padrão (DP); N = número de sujeitos; IC = intervalo de confiança, LI = limite inferior, LS = limite superior; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; PMedMÁX = pressão média máxima; PPlatô = pressão platô; PPico = pressão de pico; SNIP = medida da pressão inspiratória nasal durante o fungar.

Tabela 3 – Comparação entre os manovacômetros UFMG e MicroRPM®

Variáveis (cmH <sub>2</sub> O)	Manov. UFMG Média (DP) <sup>#</sup> N (30)	Manov. MM Média (DP) N (30)	IC 95%	
			LS	LI
<b>PMedMÁX (Inspiratória)</b>	108,74 (29,08)	109,93 (31,02)	-7,48	5,09
<b>PMedMÁX (Expiratória)</b>	130,92 (37,76)	137,77 (37,98)	-15,05	1,35
<b>SNIP</b>	90,37 (24,04)	89,80 (26,15)	-5,14	6,28

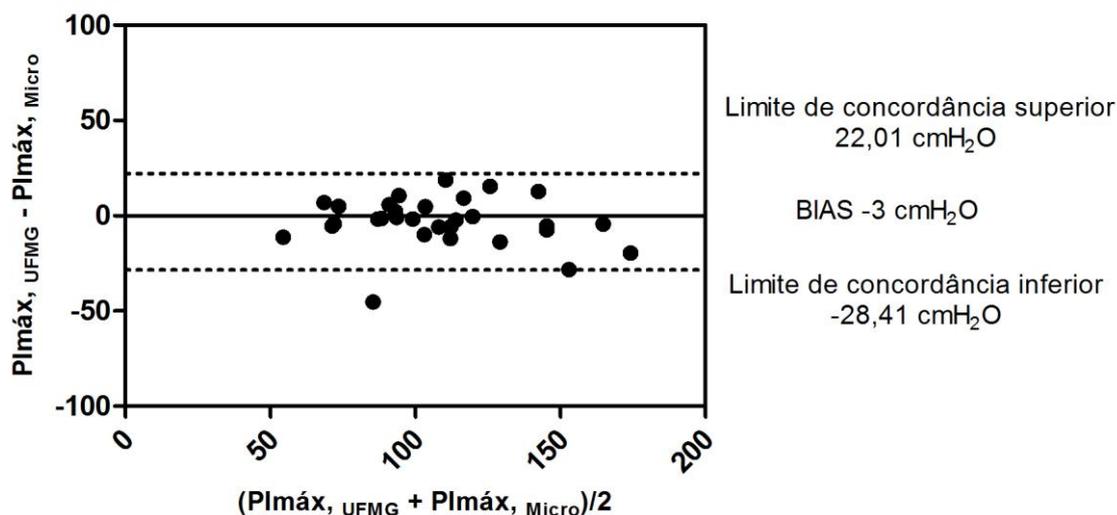
Dados apresentados como média e desvio padrão (DP); N = número de sujeitos; Manov. UFMG = manovacômetro UFMG; Manov. MM = manovacômetro MicroRPM®; IC = intervalo de confiança, LI = limite inferior, LS = limite superior; PMedMÁX = pressão média máxima; SNIP = medida da pressão inspiratória nasal durante o fungar. <sup>#</sup> Média das pressões coletadas no primeiro dia.

Tabela 4 – Correlação entre as medidas obtidas com os manovacômetros

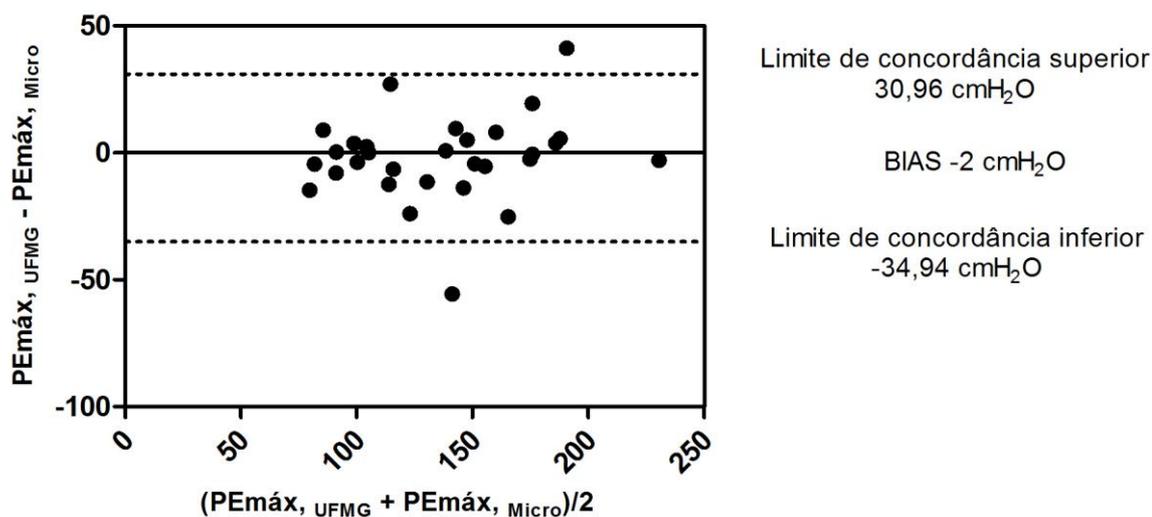
UFMG e MicroRPM®

<b>Variáveis (cmH<sub>2</sub>O)</b>	<b>Correlação (<i>r</i>)</b>	<b>Valor de <i>p</i></b>
<b>PMedMÁX (Inspiratória)</b>	0,85	<i>p</i> = 0,000
<b>PMedMÁX (Expiratória)</b>	0,83	<i>p</i> = 0,000
<b>SNIP</b>	0,82	<i>p</i> = 0,000

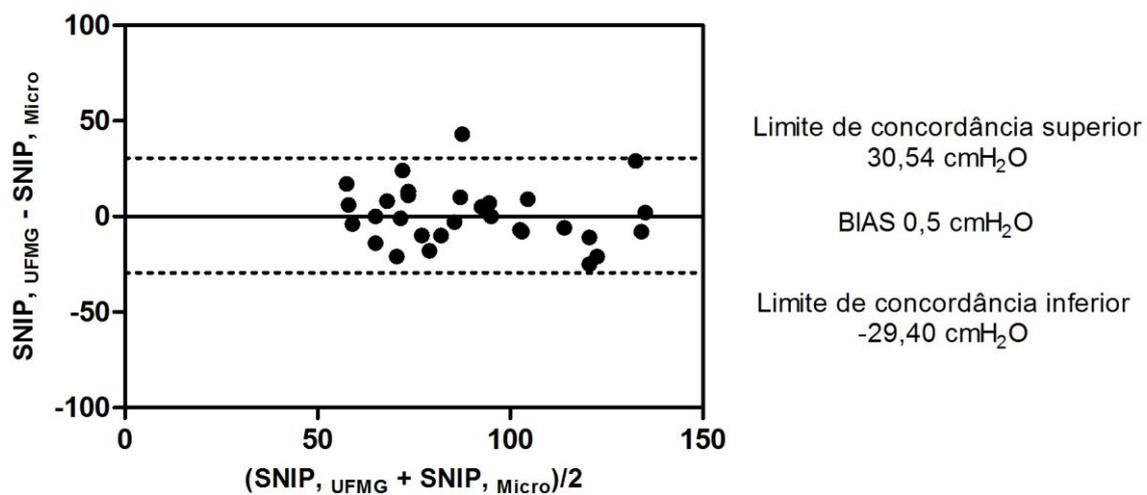
PMedMÁX = pressão média máxima; SNIP = medida da pressão inspiratória nasal durante o fungar.



**Figura 1a.** Bland-Altman entre as medidas da pressão inspiratória máxima (PImáx) em ambos os equipamentos. UFMG = microvacuômetro UFMG; Micro = microvacuômetro MicroRPM<sup>®</sup>.



**Figura 1b.** Bland-Altman entre as medidas da pressão expiratória máxima (PEmáx) em ambos os equipamentos. UFMG = microvacuômetro UFMG; Micro = microvacuômetro MicroRPM<sup>®</sup>.



**Figura 1c.** Bland-Altman entre as medidas da pressão inspiratória nasal durante o fungar (SNIP) em ambos os equipamentos. UFMG = microvacuômetro UFMG; Micro = microvacuômetro MicroRPM®.

## 6 ARTIGO 4: VALORES DE REFERÊNCIA PARA A FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA SEGUNDO DIRETRIZES INTERNACIONAL E BRASILEIRA<sup>8</sup>

### Resumo

**Introdução:** A aplicabilidade dos valores de normalidade da pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx</sub>) e da pressão expiratória máxima (PE<sub>máx</sub>) tem sido obscurecida pela grande variabilidade dos valores propostos decorrente de fatores metodológicos e biológicos. Há três estudos publicados sobre valores de referência da pressão inspiratória nasal (SNIP) em adultos saudáveis. **Objetivo:** Estabelecer valores de referência (equações de referência, valores médios preditos e limites inferiores de normalidade) para a P<sub>Imáx</sub>, PE<sub>máx</sub> e SNIP para cada faixa etária (e.g. 20-29 anos) e sexo, seguindo as recomendações propostas pela American Thoracic Society e European Respiratory Society (ATS/ERS) e pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT). **Método:** Foram recrutados 134 brasileiros saudáveis, residentes em Belo Horizonte-MG, entre 20-89 anos, com índice de massa corporal  $\leq 29.9$  kg/m<sup>2</sup>. Atletas de competição foram excluídos. As P<sub>Imáx</sub>, PE<sub>máx</sub> e SNIP foram medidas por um manovacuômetro digital que operacionalizou a variável pressão média máxima. Foram realizadas pelo menos cinco manobras de P<sub>Imáx</sub> e PE<sub>máx</sub> com os 3 maiores valores dentro de 10 cmH<sub>2</sub>O. Para a SNIP foram solicitadas pelo menos 10 manobras. O efeito aprendido dos testes foi considerado. **Resultados:** Foram avaliados 74 mulheres (47 $\pm$  18 anos) e 60 homens (43 $\pm$  16 anos). Todos os sujeitos apresentaram função pulmonar normal e os idosos não apresentaram déficits cognitivos. No modelo da P<sub>Imáx</sub>, a combinação entre sexo, idade e peso resultou em um poder preditivo de 34%; no modelo da PE<sub>máx</sub>, (idade e idade<sup>2</sup>, sexo, circunferência abdominal) de 49% e no modelo da SNIP (idade, circunferência abdominal e aptidão física) de 21%. **Conclusão:** Este é o primeiro estudo brasileiro a estabelecer valores de referência pautados nas recomendações metodológicas propostas pela ATS/ERS. Observou-se que as características físicas explicaram menos de 50% da variação da FMR.

**Palavras-chave:** Músculos Respiratórios; Testes de Função Respiratória; Valores de Referência.

---

<sup>8</sup> Isabela M. B. Sclausser Pessoa, Miguel Houry Neto, Verônica Franco Parreira. Este artigo, após tradução e adequação às normas, será encaminhado ao periódico *Respiratory, Physiology and Neurobiology*. <http://www.journals.elsevier.com/respiratory-physiology-and-neurobiology/>

## 1. Introdução

A medida das pressões respiratórias estáticas máximas (PRM), pressão inspiratória e expiratória máxima (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>) e a medida dinâmica da pressão inspiratória nasal durante o fungar (*sniff nasal inspiratory pressure*, SNIP) refletem a força dos músculos respiratórios (FMR) (Nava et al., 1993; ATS/ERS, 2002). Considerando a simplicidade das medidas das PRM, o caráter não invasivo e o inquestionável valor diagnóstico e prognóstico das mesmas, vários autores, a partir da década de 1960, criaram valores de referência para populações de diversas etnias (Black e Hyatt, 1969; Smyth et al., 1984; Bruschi et al., 1992; Johan et al., 1997; Hautmann et al., 2000; Costa et al., 2010; Gopalakrishna et al., 2011). A análise da SNIP é mais recente se comparada à medida das PRM (Héritier et al., 1994). Há apenas dois estudos publicados sobre valores de referência da SNIP em adultos (Uldry e Fitting, 1995; Kamide et al., 2009).

A aplicabilidade dos valores de referência para as medidas das PRM é questionada devido à notável variação intra e inter-sujeitos e, conseqüentemente, inter-estudos dos valores propostos para as PRM que pode ser explicada pela variabilidade biológica das populações, pelas técnicas de medida e pelos equipamentos usados inerentes a cada estudo (Larson; Kim, 1987; Vincken; Ghezzi; Cosio, 1987, McConnell; Copestake, 1998; Hautmann et al., 2000; Neder et al., 1999; Costa et al., 2010; Simões et al., 2010). Tal variabilidade é confirmada estatisticamente pela evidência de baixos, mas não desconsideráveis coeficientes de variação (CV) intra-sujeitos de 7 a 10% (Black e Hyatt, 1969; Wilson et al., 1984; McElvaney et al., 1989; McConnell; Copestake, 1999; Hautmann et al., 2000) e desvios-padrão médios entre sexos distintos e de mesma faixa etária, determinando coeficientes de variação de 25-27% para a PI<sub>máx</sub> (Hautmann et al., 2000) e 27-31%

para a PEmáx (Enright et al., 1994). Verifica-se no estudo de Neder et al. (1999) alto CV inter-sujeitos de mesma faixa etária e sexo de 78% comprovando a natureza instável dessas medidas biológicas.

Em decorrência da expressiva variação dos valores das PRM a *American Thoracic Society* e a *European Respiratory Society (ATS/ERS)* (ATS/ERS, 2002) publicaram as diretrizes para os testes dos músculos respiratórios para padronizar o procedimento dessas medidas. A Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT) (Souza, 2002) publicou as diretrizes para testes de função pulmonar que discutiu com profundidade o teste das PRM.

Em 2010 foram publicados dois estudos propondo valores de referência das PRM para a população brasileira. Ambos não atenderam todas as recomendações metodológicas propostas pela ATS/ERS. Em relação aos valores de referências para a SNIP, há dentro do nosso conhecimento, apenas um estudo publicado com valores de referência para a população brasileira (Araújo et al., 2012).

Diante do exposto o objetivo desse estudo foi estabelecer valores de referência para as PRM e SNIP, contemplando as recomendações propostas pela ATS/ERS e SBPT em uma amostra de indivíduos adultos da população de Belo Horizonte, MG/ Brasil.

## **2. Materiais e método**

### **2.1. Amostra**

Para a confecção dos valores de referência para a FMR foi realizado um cálculo amostral considerando-se o nível de significância estatística de 5%, um poder de 90% e um efeito estimado em 20%, devido à diferença entre PImáx e PEmáx em homens e mulheres (Gordis, 2004; Simões et al., 2010). O número

amostral calculado foi de 117 indivíduos, contudo a amostra foi composta por 134 voluntários. Foi também verificada a representatividade da amostra do estudo (em relação ao número de indivíduos por grupo etário de acordo com o sexo) pela análise do censo do IBGE, 2010 para a população de Belo Horizonte (IBGE, 2010).

A amostra de conveniência foi composta por voluntários de ambos os sexos, selecionados da comunidade interna e externa da Universidade onde o estudo foi realizado. Os critérios de inclusão foram: adultos saudáveis entre 20 e 89 anos, com parâmetros espirométricos dentro dos limites preditos para a população brasileira e índice de massa corporal (IMC) dentro dos parâmetros de normalidade (igual ou superior a  $18,5 \text{ kg/m}^2$  e inferior a  $29,9 \text{ kg/m}^2$ ) (ABESO, 2009). Os critérios de exclusão foram: apresentar história de tabagismo atual, bem como exposição a ambiente ocupacional de risco; história de doenças neuromusculares, respiratórias e/ou cardíacas; apresentar déficit cognitivo (participantes com idade acima de 60 anos); ter apresentado febre nas três semanas antecedentes e/ou gripe e/ou sinusite na semana anterior ao teste; relatar apresentar desvio de septo nasal ou cirurgia nasal prévia; fazer uso de medicamentos como corticóides orais, depressores do sistema nervoso central, barbitúricos e/ou relaxantes musculares; ter realizado atividade física exaustiva nas 48 horas anteriores ao teste; apresentar ausência de elementos dentários; apresentar dor muscular limitante nos membros superiores, apresentar uma pressão arterial (PA) em repouso maior ou igual a 160/100 mmHg (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2010) e/ou saturação periférica da hemoglobina em oxigênio ( $\text{SpO}_2$ ) menor que 90% e/ou frequência cardíaca (FC) maior que 85% da frequência cardíaca máxima antes da execução das manobras, ser incapaz de compreender e/ou executar os procedimentos do protocolo de

pesquisa. O seguinte critério de interrupção foi observado: relato de desconforto respiratório e/ou muscular durante a realização dos testes.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição (CAAC 0425.0.203.000-10) e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

## **2.2. Instrumentos de medidas**

### **2.2.1. Manovacuômetro digital**

Para aferir as PRM foi utilizado um manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG) (Ferreira et al., 2010; Montemezzo et al., 2012) no qual as pressões são mensuradas por meio de transdutores de pressão, com intervalo operacional de 500 cmH<sub>2</sub>O (Ferreira et al., 2010). Foi utilizado um bocal do tipo mergulhador, um orifício de fuga de 2 mm de diâmetro e o clipe nasal para a mensuração das PRM (Evans e Whitelaw, 2009; ATS/ERS, 2002; Souza, 2002). A manobra para obtenção da SNIP foi realizada na opção de conexão de avaliação da P<sub>lmáx</sub>, sendo utilizado um prolongamento de silicone de 60 cm e um plugue nasal de silicone de formato cônico, com base e altura de 2,2 cm e com um orifício de 0,5 mm de diâmetro interno para a transmissão da pressão. O manovacuômetro foi calibrado a cada seis meses por meio de um calibrador digital (PC507, Hotek Technologies, Tacoma, Washington) (acurácia de 0.025% do fundo de escala) e uma bomba pneumática (8111-300, Presys, São Paulo, Brasil) como estabelecido por Ferreira et al. (2010).

### 2.2.2. Espirômetro

Para a realização da prova de função pulmonar, foram utilizados os espirômetros *Vitalograph 2120 (Ennis, Ireland)* e *Pony (Pony FX<sup>®</sup>, Cosmed, Roma, Itália)*. Foram adotados os critérios de aceitação e reprodutibilidade, assim como a gradação de qualidade, de acordo com as normas recomendadas pela SBPT (Pereira, 2002). Os dados espirométricos deste estudo foram derivados da manobra de capacidade vital forçada (CVF) e interpretados de acordo com os valores preditos por Pereira et al. (2007).

### 2.2.3. Bioimpedância elétrica

Para a Bioimpedância Elétrica foi utilizado o equipamento *Quantum III BIA – 101Q RJL-101 Detroit, USA*), modelo tetrapolar, com apresentação digital. Foram utilizados quatro eletrodos aplicados à mão, ao pulso, ao pé e ao tornozelo. Uma corrente de excitação (500  $\mu$ A a 800  $\mu$ A) a 50 kHz foi aplicada aos eletrodos-fonte (distais) na mão e no pé, e a queda de voltagem, devido à impedância, foi detectada pelo eletrodo-sensor (proximal) no pulso e no tornozelo (KYLE et al., 2004a; KYLE et al., 2004b)

### 2.2.4. Balança mecânica, balança digital portátil e estadiômetro

Para mensuração da massa corporal e estatura dos participantes foi utilizada uma balança Filizola (*Filizola Ind. Ltda, São Paulo, Brasil*) acoplada a um estadiômetro, com resoluções de 100 g e 0,5 cm a qual foi calibrada previamente a cada medida. Para as coletas realizadas fora da Universidade foi utilizada uma balança digital portátil (*Life Electronic Scale, Geratherm<sup>®</sup>, Alemanha*) e um estadiômetro (*Altuxata, Belo Horizonte, Brasil*) portátil que possui escala bilateral

de 35 a 213 cm e resolução de 0,1 cm. Não foi observada diferença significativa entre os dados obtidos com a balança portátil e com a Filizola ( $67,22 \pm 10,2 \times 66,86 \pm 10,0$ ;  $p= 0,14$ ) sendo verificado um coeficiente de correlação intraclasse de 0,99. Esses dados foram utilizados para calcular o índice de massa corporal (IMC), que é determinado pela divisão do peso pela altura ao quadrado ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ).

#### 2.2.5. Circunferência abdominal e relação cintura quadril

Foi utilizada uma fita métrica antropométrica (metragem) constituída por um material inelástico. Para as medidas das circunferências da cintura e do quadril o voluntário estava na posição ortostática, com os braços ao lado do corpo, pés juntos e abdômen relaxado (ABESO, 2009). A mensuração da circunferência da cintura foi realizada aplicando firmemente a fita métrica na região média entre a borda inferior da última costela e a borda superior da crista ilíaca (ABESO, 2009). A mensuração do quadril foi realizada aplicando firmemente a fita métrica na extensão posterior máxima dos glúteos (ABESO, 2009).

### 2.3. Procedimentos

A avaliação inicial contemplou os seguintes aspectos: dados pessoais, verificação da massa corporal e da estatura, PA (estetoscópio, *Littman Classic II, 3M Center, St.Paul-MN, USA* e esfigmomanômetro, *Tycos, Welch Allyn Inc. Corporate Headquarters, New York-NY, USA*); FC e  $\text{SpO}_2$  (oxímetro de pulso, Nonim, USA). Foi questionado o nível de atividade física e a ocupação profissional do voluntário, sendo o mesmo classificado como ativo ou sedentário segundo a recomendação do Colégio Americano de Medicina do Esporte - ACSM (HASKELL et al., 2007): ativo (atende à recomendação de gasto calórico semanal - acima de 450

MET/min/semana) ou sedentário (não atende à recomendação estando abaixo de 450 MET/min/semana, constatado pelo auto-relato) (Ainsworth et al., 2000). Em seguida, nos voluntários com mais de 60 anos de idade, foi aplicado o mini-exame de estado mental, considerando-se como ponto de corte para analfabetos (18/19) e para escolares (23/24) (Brucki et al., 2003). Na sequência, foi realizada a bioimpedância elétrica e a prova de função pulmonar. Após repouso de aproximadamente 10 minutos, os indivíduos realizaram a mensuração das PRM e da SNIP de forma aleatória. O procedimento inteiro foi realizado em uma única visita e por uma única investigadora treinada na avaliação da FMR.

### 2.3.1. Medida das PRM

Os indivíduos permaneceram na posição sentada, com pés e troncos apoiados sendo realizadas instrução e demonstração previamente aos testes. (ATS/ERS, 2002; SBPT, 2002). Todas as medidas das PRM foram realizadas com o clipe nasal (ATS/ERS, 2002; SBPT, 2002). Para a medida da P<sub>Imáx</sub>, os participantes foram orientados a respirar de forma tranquila, obedecendo ao seguinte comando verbal: “Ponha o ar para fora, ponha o ar para dentro...”. Dois a três ciclos respiratórios em nível de volume corrente (VC) precederam o teste de P<sub>Imáx</sub>, sendo em seguida solicitada uma expiração até o volume residual (VR), com indicação deste momento pela elevação da própria mão do participante (SBPT, 2002). Neste momento, o participante foi encorajado a gerar um esforço inspiratório máximo e, simultaneamente, o examinador procedeu ao fechamento do orifício de oclusão. O seguinte comando verbal foi utilizado: “Ponha todo o ar para fora e encha o peito de ar” (Souza, 2002; Montemezzo et al., 2012).

O mesmo procedimento foi realizado para a medida da PEmáx, exceto pela instrução verbal final, que consistiu na solicitação de uma inspiração até a capacidade pulmonar total (CPT) seguida pelo encorajamento de um esforço expiratório máximo (Souza, 2002; Montemezzo et al., 2012). Para a medida da PEmáx a investigadora pressionou as bochechas dos voluntários para impedir escape aéreo (ATS/ERS, 2002).

O tempo mínimo de manobra foi de 1,5 segundos, para que a pressão máxima sustentada por um segundo pudesse ser observada (ATS/ERS, 2002). Todos os participantes realizaram pelo menos cinco manobras com intervalo de um minuto entre elas e a mensuração das pressões foi considerada completa quando o participante realizou três manobras aceitáveis (sem escape de ar entre os lábios e/ou no clipe nasal e com, pelo menos, um segundo e meio de duração) (ATS/ERS, 2002; SBPT, 2002) e, dentre essas, três reproduzíveis (uma com variação igual ou inferior a 10% e a outra com variação de no máximo 20% com a pressão de maior valor) (ATS/ERS, 2002; SBPT, 2002), desde que esse não tenha sido o último teste realizado (Souza, 2002). O maior valor das pressões foi selecionado.

### 2.3.2. Medida da SNIP

O sujeito foi posicionado sentado confortavelmente com os braços apoiados, e o receptor foi inserido no orifício nasal sendo a narina contralateral mantida sem oclusão (ATS/ERS, 2002). Foi solicitado que o voluntário respirasse em nível da capacidade residual funcional (CRF) e realizasse, ao comando verbal, uma inspiração rápida e máxima pelo nariz mantendo a boca fechada (Nava et al., 1993; Uldry e Fitting, 1995; ATS/ERS, 2002). A mesma manobra era repetida a cada intervalo de 30 segundos. Todos os voluntários realizaram dez manobras e a

pressão de pico de valor mais alto foi selecionada (ATS/ERS, 2002). Caso a última manobra fosse a de maior valor o teste era continuado.

### 2.3.3. Redução dos dados

As PRM e a SNIP foram operacionalizadas, usando o *software* Manovac versão 4.1, por meio da variável pressão média máxima ( $PMed_{MÁX}$ ) para a  $PI_{máx}$  e para a  $PE_{máx}$ . Para operacionalização da SNIP foi utilizada a pressão de pico ( $PPico$ ) (Hamnegard et al., 1994; Uldry; Fitting, 1995; Evans; Whitelaw, 2009; Montemezzo et al., 2012). Para a obtenção do limite inferior de normalidade (LNM) de cada uma das variáveis utiliza-se a fórmula:  $LNM = \text{valor previsto pela equação de regressão} - (1,645 \times \text{erro padrão da estimativa})$  (Souza, 2002).

### 2.3.4. Análise Estatística

Foi realizada uma estatística descritiva dos dados de forma a estabelecer a distribuição das respostas por grupos, estabelecimento das médias e suas dispersões. Foram verificadas as propriedades de distribuição normal das variáveis pelo Teste Lilliefors. Constatada a natureza das respostas, na condição de suas naturezas paramétricas ou não, estabeleceu-se uma matriz de correlação (Pearson, Spearman e Kendall) entre as variáveis independentes (sexo, idade, altura, peso, IMC, circunferência abdominal, relação cintura-quadril e nível de atividade física) e as dependentes ( $PI_{máx}$ ,  $PE_{máx}$  e SNIP). Em seguida, foram feitas regressões univariadas com cada uma das variáveis independentes para obter os seus níveis de significância isoladamente. O modelo múltiplo, somente com os efeitos simples, foi estabelecido considerando o nível de significância nos modelos univariados de até  $p=0,30$ . Pelo sistema *stepwise* foi eliminada a variável independente menos

significativa e verificado o valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Após a definição do modelo o mesmo foi testado com cada um dos seus efeitos quadráticos assim como foram testadas todas as interações possíveis. Todas as análises foram processadas pelos pacotes estatísticos *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS 15.0, Chicago, IL, USA) e *Statistical Analysis System* (SAS 12.0, Carey, NC, USA).

### 3. Resultados

Após convite (internet, telefone ou contato pessoal), 164 sujeitos foram contactados para a avaliação inicial, contudo 20 foram excluídos por serem obesos (IMC acima de 30 kg/m<sup>2</sup>), 2 por apresentarem baixo peso (IMC abaixo de 18,5 kg/m<sup>2</sup>) e 8 por apresentarem distúrbios obstrutivos ou restritivos no teste de função pulmonar. Sendo assim, a amostra final foi composta por 134 voluntários. Todos os voluntários conseguiram realizar as medidas de FMR, não havendo, portanto, perdas amostrais.

A média de idade foi de 47 ± 18 anos para as mulheres e para os homens 43 ± 16 anos. Apenas 9 sujeitos eram ex-tabagistas (interrupção do tabagismo pelo menos há 10 anos) sendo o VEF<sub>1</sub>/CVF acima de 70% e o VEF<sub>1</sub> acima de 80% do previsto o que justificou a inclusão dos mesmos na amostra final. A amostra final foi composta por 51% de mulheres sedentárias e de 39% de homens sedentários. O percentual de massa corporal (bioimpedância elétrica) foi avaliado em um subgrupo de indivíduos (n=64) sendo verificado que os homens tinham uma média percentual de massa magra de 72,8 ± 4,7 e as mulheres de 64,4 ± 5,0. Os participantes apresentaram os seguintes dados espirométricos: capacidade vital forçada (CVF: mulheres = 94,1 ± 10,9 e homens 92,5 ± 10,0), volume expiratório forçado no 1º

segundo ( $VEF_1$ : mulheres =  $93,8 \pm 11,2$  e homens =  $92,4 \pm 9,5$ ), relação  $VEF_1/CVF$ : (mulheres =  $81,5 \pm 5,7$  e homens =  $81,6 \pm 4,7$ ) e em %  $VEF_1/CVF$  do previsto: (mulheres =  $100 \pm 6,0$  e homens =  $100,2 \pm 6,1$ ).

A tabela 1 mostra as características antropométricas e demográficas dos voluntários distribuídos em 6 subgrupos etários.

*Inserir tabela 1*

A tabela 2 apresenta os valores médios observados das PRM e SNIP com os respectivos coeficientes de variação. Os valores médios para a  $PI_{m\acute{a}x}$ ,  $PE_{m\acute{a}x}$  e SNIP nas mulheres foram, respectivamente, 24%, 33% e 19% mais baixos do que nos homens.

*Inserir tabela 2*

A Figura 1 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis sexo, idade, altura, peso, IMC, circunferência abdominal, percentual da gordura (FAT), relação cintura-quadril e aptidão física. A relação entre a SNIP e a  $PI_{m\acute{a}x}$  foi positiva, de moderada magnitude e significativa ( $r = 0,64$ ,  $p < 0,001$ ) sendo nas mulheres ( $r = 0,60$ ,  $p < 0,05$ ) e nos homens ( $r = 0,54$ ,  $p < 0,001$ ).

*Inserir figura 1*

Na equação de regressão para a  $PI_{m\acute{a}x}$  as variáveis que entraram no modelo foram: idade ( $p < 0,0001$ ), sexo ( $p = 0,0047$ ) e peso ( $p = 0,0245$ ) explicando 34% da variação da  $PI_{m\acute{a}x}$ . Na equação de regressão para a  $PE_{m\acute{a}x}$  as variáveis que

entraram no modelo foram: sexo ( $p= 0,0004$ ), idade<sup>2</sup> ( $p= 0,0071$ ) idade ( $p=0,0516$ ), circunferência abdominal ( $p=0,0125$ ) explicando 49% da variação da PEmáx e no modelo de regressão para a SNIP as variáveis que entraram foram: idade ( $p<0,001$ ), circunferência abdominal ( $p<0,001$ ) e aptidão física ( $p<0,05$ ) explicando 21% da variação da SNIP (Tabela 3). Para obter o valor predito no sexo feminino multiplica-se a constante (Beta) por zero (0) e no masculino por um (1).

*Inserir tabela 3*

Os valores médios preditos para as PRM e SNIP, criados a partir da equação de predição dado as variações devido ao sexo e faixa etária e os limites superiores e inferiores de normalidade estabelecidos a partir do erro padrão da estimativa estão descritos nas tabelas 4a, b e c.

*Inserir tabela 4*

#### **4. Discussão**

Este foi o primeiro estudo brasileiro, com uma amostra da população de Belo Horizonte- MG, a estabelecer valores de referência para as PRM e SNIP pautado nas recomendações metodológicas propostas pela ATS/ERS e SBPT.

No Brasil, quatro grupos de pesquisadores Camelo Jr.; Terra Filho; Manço (1985); Neder et al. (1999), Simões et al. (2010) e Costa et al. (2010) propuseram valores de referência para PRM a partir de amostras da população de São Paulo sendo que os dois últimos estudos não contemplaram todas as recomendações

metodológicas sugeridas pela ATS/ERS (ATS/ERS, 2002). Segundo a ATS/ERS a falta de padronização metodológica implica na grande variação dos valores de referência propostos. O presente estudo é o primeiro estudo brasileiro a utilizar um manovacuômetro digital, que fornece medidas válidas com alto poder de precisão e que operacionaliza a pressão média máxima (ATS/ERS, 2002; Montemezzo et al., 2012). Segundo Hamnegard et al. (1994) a pressão média máxima sustentada sobre um segundo reflete melhor a força dos músculos respiratórios comparada à pressão sustentada sobre um segundo.

Além da falta de padronização do procedimento de medida das PRM a variabilidade nos valores de referência também é explicada pela influência de fatores individuais (biológicos) inerentes à amostra do estudo (Carpenter et al., 1999). Constata-se que os valores médios observados das PRM quando analisados por sexo, apresentaram uma notável variação entre sujeitos da mesma faixa etária sendo evidenciado altos desvios-padrão em torno da média (e.g. 26 a 37% da  $P_{l\text{máx}}$ ). Um alto coeficiente de variação, de acordo com o sexo, também foi reportado no estudo de Hautmann et al., (2000) e Enright et al., (1994) (25 a 27% e 32 a 39% respectivamente). Tais variações podem ser atribuídas ao grau de motivação e cooperação do voluntário (Bruschi et al.,1992), ao valor da pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório (Bruschi et al.,1992); aos hábitos alimentares (Bruschi et al.,1992); à coordenação durante o teste (Vincken; Ghezzi; Cosio, 1987), ao grau de ativação individual da musculatura em teste (Vincken; Ghezzi; Cosio, 1987) às diferenças intrínsecas da musculatura individual (Hautmann et al., 2000) como velocidade de contração muscular (Nava et al., 1993), aos fatores genéticos e ambientais (Bruschi et al.,1992).

Todos os estudos sobre valores de referência avaliaram o poder preditivo das características físicas sobre as PRM e constata-se que há uma fraca associação entre elas, podendo ser confirmado pelos baixos coeficientes de determinação ( $r^2$ ), o que torna a interpretação dessas medidas problemática. Não há um consenso sobre a influência de determinados fatores individuais (altura, peso, idade) nas PRM de homens e mulheres. Um exemplo é a altura, que tem sido um preditor positivo (Wilson et al., 1984), negativo (Harik-Khan; Wise; Fozard, 1998; Gopalakrishna et al., 2011) ou não preditor da Plmáx nas mulheres (Simões et al., 2010; Costa et al., 2010; Neder et al., 1999). Como explicar, também, a altura ser um preditor positivo em mulheres (Wilson et al., 1984) e um preditor negativo em homens? (John et al., 1997). Diferentes tipos de estudo, como, por exemplo, o longitudinal que controla melhor o “efeito coorte” (esses efeitos podem ser explicados por mudanças nas condições ambientais e nutricionais), uma abordagem aprofundada nos aspectos fisiológicos, considerando ou uma amostra isogênica ou procedimentos invasivos e não volitivos como a estimulação eletromagnética ou magnética do nervo frênico, são hipotéticas soluções para explicar a influência das características físicas nas PRM em sexos distintos e, também, descobrir outras variáveis explicativas das PRM.

Diante do exposto optou-se por elaborar equações para as PRM sem distinção pelo sexo uma vez que o mesmo influenciou significativamente as PRM e, conseqüentemente, a sua remoção da equação geral implicaria em diminuição do poder preditivo da mesma. Em relação à SNIP o sexo não entrou no modelo geral, não havendo, portanto a justificativa de avaliá-lo separadamente.

Há um consenso de que o sexo é o melhor preditor das PRM (Hautmann et al., 2000; Black e Hyatt, 1969; Vincken; Ghezzi; Cosio, 1987; Pande et al., 1999;

Neder et al., 1999; Costa et al., 2010). Os valores para a P<sub>l</sub>máx e a P<sub>E</sub>máx foram em média cerca de 24% e 33% maiores nos homens quando comparadas às mulheres o que condiz com o estudo de Simões et al. (2010). Alguns autores afirmam que os músculos respiratórios comportam-se como músculos esqueléticos (Vincken; Ghezzeo; Cosio, 1987; Wilmore, 1974; Neder et al., Enright et al., 1994), portanto a força é proporcional à área seccional do músculo (Ikai e Fukunaga, 1969). No presente estudo não foi realizada uma análise da área de secção transversa dos músculos respiratórios nem a contagem de fibras musculares de contração rápida, porém foi realizada uma análise da composição corporal em 64 indivíduos de ambos os sexos e foi verificado que o percentual médio de músculos (massa magra) foi superior nos homens, sendo uma possível explicação para as diferenças das PRM entre os sexos.

Os resultados desse estudo mostraram que a idade influenciou significativamente as PRM sendo um preditor negativo. O efeito da idade sobre as PRM em ambos os sexos ainda é questionável (Black e Haytt, 1966; McConnell; Copestake, 1999; McElvaney et al., 1989, Brushi et al., 1992 ) embora a maioria dos estudos reporta uma diminuição das PRM com o avanço da idade em ambos os sexos, principalmente para P<sub>l</sub>máx (McConnell; Copestake, 1999; Neder et al., 1999; Simões et al, 2010; Costa et al., 2010; Hautmann et al., 2000; Vincken; Ghezzeo; Cosio, 1987). O ponto de corte para o declínio da P<sub>l</sub>máx é variável entre os estudos. Hautmann et al. (2000) estabeleceram um ponto de corte de 60 anos; Vincken; Ghezzeo; Cosio (1987), de 30 anos e Black e Hyatt (1969) de 55 anos e, mais recentemente, Koch et al. (2011) de 65 anos. Esse fato pode impedir o aparecimento de uma correlação negativa com a idade em decorrência da faixa etária analisada, como no estudo de Camelo Jr.; Terra Filho; Manço (1985), que analisou a faixa

etária de 20 a 49 anos. O baixo número de sujeitos acima de 55 anos de idade também justifica a ausência da correlação negativa entre as PRM e a idade em alguns estudos (Black e Haytt, 1969; McElvaney et al., 1989).

Segundo Pride et al. (2005) uma possível explicação para a  $PI_{máx}$  diminuir com o avanço da idade é o processo de envelhecimento, com um aumento do VR e uma diminuição da capacidade inspiratória (CI). O aumento do VR com o avanço da idade pode alterar a curva de comprimento-tensão do diafragma e diminuir a  $PI_{máx}$  a qual é realizada a partir do VR (Evans e Whitelaw, 2009, McElvaney et al., 1989, Gopalakrishna et al., 2011). Porém, esse aumento no VR não é uniforme, dessa forma valores diferentes para a  $PI_{máx}$  em sujeitos de mesma idade podem ser justificados, assim como a ausência de correlação, como no estudo de Black e Haytt (1969) que não encontrou correlação negativa entre a  $PI_{máx}$  e a idade no sexo masculino acima de 55 anos. No presente estudo, a análise de correlação feita para sexos distintos apresentou correlações negativas entre a  $PI_{máx}$  e a idade nas mulheres ( $r = -40$ ,  $p < 0,001$ ) e nos homens ( $r = -27$ ,  $p < 0,05$ ) (dados não apresentados).

Diferentemente da  $PI_{máx}$ , a  $PE_{máx}$  apresentou uma relação quadrática com a idade. Esse achado está de acordo com Vincken; Ghezzi; Cosio (1987), o qual também constatou um aumento do  $r^2$  quando a idade ao quadrado foi inserida no modelo. Vincken; Ghezzi; Cosio (1987) constataram um aumento tardio da força dos músculos expiratórios (atingindo o pico por volta dos 50 anos) seguido por um declínio da mesma. Ringqvist (1966), também relatou uma relação de 2º grau entre a  $PE_{máx}$  e a idade. Possíveis explicações para a diminuição da  $PE_{máx}$  são a perda de recolhimento elástico da caixa torácica, a presença de calcificações nas articulações costovertebrais e costosternais e o aumento da cifose torácica, tendo

em vista que todos esses fatores contribuem para uma baixa complacência da caixa torácica e diminuição da PEmáx que é realizada a partir da CPT (Pride et al., 2005).

Segundo Enright et al. (1994) e Vincken; Ghezzi; Cosio (1987) a atrofia, a diminuição da eficiência metabólica e o declínio na velocidade de condução nervosa também explicam a diminuição das PRM com o avançar da idade.

Na equação de predição da SNIP a idade também foi um preditor negativo. Esse achado está de acordo com Uldry e Fitting (1995), Araújo et al. (2012) e com os achados de Kamide et al. (2009) para a SNIP (apenas no sexo masculino). As alterações na musculatura respiratória (Enright et al., 1994) e na complacência do sistema respiratório (Pride et al., 2005) decorrentes do processo de envelhecimento são possíveis causas da diminuição da força muscular inspiratória mensurada pelo *sniff* teste.

Das variáveis relacionadas ao IMC, o peso foi um preditor positivo para a PImáx. Não há um consenso em relação à variação das PRM em virtude do ganho de peso (Vincken; Ghezzi; Cosio, 1987; Simões et al., 2010). O achado do presente estudo está de acordo com Harik-khan et al. (1998); Gopalakrishna et al. (2011), Enright et al. (1995), Wohlgemuth et al. 2003, Johan et al. (1997); Enright et al. (1994) nos quais o peso foi um preditor positivo para as PImáx. O único estudo em que o peso foi um preditor negativo foi o de Simões et al. (2010) e esse resultado não foi justificado devido à limitação do estudo, segundo os autores. Segundo Schoenberg et al. (1978) tanto a função pulmonar quanto a força dos músculos respiratórios melhoram com o aumento pequeno do peso corporal, o chamado “efeito muscularidade” (aumento no volume e tamanho dos músculos respiratórios) já que há uma teoria que relaciona o peso e o comprimento isométrico de diferentes grupos musculares. No presente estudo ambos, peso e percentual de músculo,

correlacionaram-se positivamente entre si e, cada um isoladamente, com a PImáx. Pode-se hipotetizar que a influência do peso na PImáx esteja relacionada à um percentual maior de massa magra da musculatura respiratória.

A circunferência abdominal foi preditora positiva da PEmáx. Dentro do nosso conhecimento esse é o primeiro estudo em que essa variável foi contemplada no modelo para a PEmáx. Enright et al. (1994) objetivaram avaliar se as PRM eram preditoras independentes de morbidade cardiovascular em uma ampla amostra (n=4.443) de idosos inseridos em um estudo prospectivo sobre a saúde cardiovascular e constatou que a circunferência era um preditor negativo para a PImáx. Vale ressaltar que no estudo supra-citado a amostra inicial foi subdividida em um grupo de indivíduos “saudáveis” (daqueles com história pregressa de doença cardiovascular foram selecionados os com VEF<sub>1</sub> acima de 65%, por exemplo) sendo verificada, a não inclusão dessa variável antropométrica no modelo final. Como pôde ser verificado, houve uma forte correlação positiva entre o peso corporal e circunferência abdominal. Como os voluntários do presente estudo não eram obesos e apresentaram valores médios de normalidade para a circunferência abdominal uma possível justificativa para a correlação positiva com a PEmáx deve-se à uma maior massa muscular abdominal. Hipotetiza-se a existência de um ponto de corte para o declínio da PEmáx semelhante ao comportamento da PImáx quando esta é correlacionada com a circunferência abdominal (a partir de 95 a 105 cm de circunferência abdominal ocorre declínio da PImáx, segundo Carpenter et al., 1999). Estudos futuros, com uma amostra que apresente valores aumentados de circunferência poderão investigar de maneira mais aprofundada esta hipótese para estabelecer o tipo do modelo preditivo (equação linear, polinomial, etc) existente

entre a circunferência abdominal e a PEmáx, explicando, assim, a influência da gordura visceral na força dos músculos abdominais.

No modelo para a SNIP a circunferência abdominal também foi um preditor positivo. No estudo de Kamide et al. (2009) o IMC foi um preditor positivo apenas para as mulheres. Dessa forma verifica-se nos dois estudos a influência da gordura corporal total e da gordura visceral sobre a SNIP. Estudos com uma amostra de indivíduos obesos poderão analisar o comportamento do ganho de peso e, conseqüentemente, da gordura visceral na SNIP.

A aptidão física influenciou significativamente a SNIP. O baixo gasto calórico semanal, inferior a 450 MET/minuto/semana representou uma diminuição na SNIP. Do nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo que avaliou o poder de predição do gasto calórico semanal, mensurado segundo recomendação do Colégio Americano, na FMR, uma forma eficiente de mensurar a aptidão física do indivíduo. Neder et al. (1999) verificaram uma correlação significativa e de alta magnitude entre o consumo de oxigênio máximo no teste ergométrico e as PRM, assim como, a força dos extensores do joelho e as PRM. McConnell e Copestake (1999) constaram que atividade física habitual (caminhada, dança, ciclismo, tênis, corrida) apresentou uma correlação de alta magnitude e significância com as PRM. Uma vez que estudos comprovam que a pressão transdiafragmática é maior na medida da SNIP comparada à PImáx, e já que o músculo diafragma responde ao treinamento físico, como outros músculos esqueléticos, sugere-se a existência de um efeito benéfico da atividade física sobre força muscular inspiratória, especialmente do diafragma. Nesse estudo a aptidão física foi classificada apenas em duas categorias em relação ao gasto calórico semanal (abaixo ou acima de 450 MET). Sugerem-se estudos

futuros que estratifiquem a aptidão física em outras categorias, além dessas, para verificar o poder preditivo da aptidão física sobre as PRM.

Apona-se como limitação desse estudo o número amostral baixo nos diferentes subgrupos etários, em especial, acima de 70 anos. O número amostral afeta diretamente a acurácia de predição da equação. Segundo Portney e Watkins pesquisadores podem reduzir o erro padrão da estimativa e, conseqüentemente, melhorar a acurácia da predição por incluir mais do que uma observação de cada valor de X (variável independente). Embora o número amostral tenha sido apropriado nesse estudo e a amostra representativa da população de Belo Horizonte, concernente ao número de indivíduos de sexos distintos por faixa etária, a participação de voluntários a partir de 60 anos foi dificultada pela falta de interesse dos mesmos.

Diante do exposto e seguindo as recomendações para a aplicabilidade dos valores de referência (Pellegrino et al., 2005), sugere-se que os modelos preditivos, as médias e os limites preditos por sexo e faixa etária apresentados nesse estudo sejam adequadamente usados. A obtenção das medidas de FMR deve considerar a mesma metodologia e a similaridade da amostra em relação à etnia, idade, características antropométricas e ambientais.

Concluindo, o presente estudo forneceu equações de predição, médias e limites preditos por sexo e faixa etária para a PImáx, PEmáx e SNIP os quais foram obtidos seguindo as recomendações da ATS/ERS e SBPT.

## Referências

ABESO. **Diretrizes brasileiras de obesidade 2009/2010**. 3.ed. São Paulo: Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e Síndrome Metabólica, 2009.

AINSWORTH, B. E. *et al.* Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n.9, p. S498-S504, 2000.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM) **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**. 8.ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2010. 66 p.

ARAÚJO, P. R. S. *et al.* Reference values for sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects in Brazil: a multicenter study. **J Bras Pneumol**, v. 38, n.6, p. 700-707, 2012.

ATS/ERS. Statement on respiratory muscle testing. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 166, n.4, p. 518-624, 2002.

BLACK, L. F., HYATT, R. E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **Am Rev Respir Dis**, v. 99, n.5, p. 696-702, 1969.

BRUCKI, S. M. *et al.* Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 61, n.3B, p. 777-781, 2003.

BRUSCHI, C. *et al.* Reference values of maximal respiratory mouth pressures: a population-based study. **Am Rev Respir Dis**, v. 146, n.3, p. 790-793, 1992.

CAMELO JR., J. S., TERRA FILHO, J.; MANÇO, J. C. Pressões respiratórias máximas em adultos normais. **J Pneumol**, v. 11, n.4, p. 181-184, 1985.

CARPENTER, M. A. *et al.* Demographic and anthropometric correlates of maximum inspiratory pressure: the atherosclerosis risk in communities study. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 159, n.2, p. 415-422, 1999.

CASA, D. J. *et al.* National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. **J Athl Train**, v. 35, n.2, p. 212-224, 2000.

COSTA, D. *et al.* New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. **J Bras Pneumol**, v. 36, n.3, p. 306-312, 2010.

ENRIGHT, P. L. *et al.* Respiratory muscle strength in the elderly: correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 149, n.2, p. 430-438, 1994.

ENRIGHT, P. L. *et al.* Spirometry and maximal respiratory pressure references from healthy Minnesota 65- to 85-year-old women and men. **Chest**, v. 108, n.3, p. 663-669, 1995.

EVANS, J. A., WHITELOW, W. A. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. **Respir Care**, v. 54, n.10, p. 1348-1359, 2009.

FERREIRA, J. L. *et al.* Maximum respiratory pressure measuring system: calibration and evaluation of uncertainty. **Revista de Controle e Automação**, v. 21, n.6, p. 588-597, 2010.

GOPALAKRISHNA, A. *et al.* Normative values for maximal respiratory pressures in an Indian Mangalore population: cross-sectional pilot study. **Lung India**, v. 28, n.4, p. 247-252, 2011.

GORDIS, L. **Epidemiology**. 3. ed. New York: Elsevier Science, 2004

HAMNEGARD, C. H. *et al.* Portable measurement of maximum mouth pressures. **Eur Respir J**, v. 7, n.2, p. 398-401, 1994.

HARIK-KHAN, R. I. *et al.* Determinants of maximal inspiratory pressure: the Baltimore longitudinal study of aging. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 158, n.5, p. 1459-1464, 1998.

HASKELL, W. L. *et al.* Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n.8, p. 1423-1434, 2007.

HAUTMANN, H. *et al.* Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects--what is the lower limit of normal? **Respir Med**, v. 94, n.7, p. 689-693, 2000.

HÉRITIER, F. *et al.* Sniff nasal inspiratory pressure: a noninvasive assessment of inspiratory muscle strength. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 150, n.6, p. 1678-1683, 1994.

IKAI, M., FUKUNAGA, T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. **Int Z Angew Physiol**, v. 26, n.1, p. 26-32, 1968.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse e resultados do Censo**, 2010. v. 2012.

JOHAN, A. *et al.* Maximal respiratory pressures in adult Chinese, Malays and Indians. **Eur Respir J**, v. 10, n.12, p. 2825-2828, 1997.

KAMIDE, N. *et al.* Sniff nasal inspiratory pressure in healthy Japanese subjects: mean values and lower limits of normal. **Respiration**, v. 77, n.1, p. 58-62, 2009.

KOCH, B. *et al.* Reference values for respiratory pressures in a general adult population--results of the Study of Health in Pomerania (SHIP). **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 30, n.6, p. 460-465, 2010.

KYLE, U. G. *et al.* Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. **Clin Nutr**, v. 23, n.5, p. 1226-1243, 2004a.

KYLE, U. G. *et al.* Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. **Clin Nutr**, v. 23, n.6, p. 1430-1453, 2004b.

LARSON, J. L., KIM, M. J. Reliability of maximal inspiratory pressure. **Nurs Res**, v. 36, n.5, p. 317-319, 1987.

MCCONNELL, A. K., COPESTAKE, A. J. Maximum static respiratory pressures in healthy elderly men and women: issues of reproducibility and interpretation. **Respiration**, v. 66, n.3, p. 251-258, 1999.

MCELVANEY, G. *et al.* Maximal static respiratory pressures in the normal elderly. **Am Rev Respir Dis**, v. 139, n.1, p. 277-281, 1989.

MONTEMEZZO, D. *et al.* Influence of 4 interfaces in the assessment of maximal respiratory pressures. **Respir Care**, v. 57, n.3, p. 392-398, 2012.

NAVA, S. *et al.* Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. **Thorax**, v. 48, n.7, p. 702-707, 1993.

NEDER, J. A. *et al.* Reference values for lung function tests: maximal respiratory pressures and voluntary ventilation, 2. **Braz J Med Biol Res**, v. 32, n.6, p. 719-727, 1999.

PANDE, J. N. *et al.* Respiratory pressures in normal Indian subjects. **Indian J Chest Dis Allied Sci**, v. 40, n.4, p. 251-256, 1998.

PELLEGRINO, R. *et al.* Interpretative strategies for lung function tests. **Eur Respir J**, v. 26, n.5, p. 948-968, 2005.

PEREIRA, C. A. *et al.* New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. **J Bras Pneumol**, v. 33, n.4, p. 397-406, 2007.

PEREIRA, C. A. C. Espirometria. **J Pneumol**, v. 28, n.3, p. 1-22, 2002.

PRIDE, N. B. Ageing and changes in lung mechanics. **Eur Respir J**, v. 26, n.4, p. 563-565, 2005.

RINGQVIST, T. The ventilatory capacity in healthy subjects: an analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. **Scand J Clin Lab Invest Suppl**, v. 88, p. 5-179, 1966.

RODRIGUES, F., BÁRBARA, C. Pressões respiratórias máximas: proposta de um protocolo de procedimentos. **Rev Port Pneumol**, v. VI, n.4, p. 297-307, 2000.

SCHOENBERG, J. B. *et al.* Growth and decay of pulmonary function in healthy blacks and whites. **Respir Physiol**, v. 33, n.3, p. 367-393, 1978.

SIMÕES, R. P. *et al.* Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central Sao Paulo State. **Rev Bras Fisioter**, v. 14, n.1, p. 60-67, 2010.

SMYTH, R. J. *et al.* Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents: normal values. **Chest**, v. 86, n.4, p. 568-572, 1984.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n.1, Supl 1, p. 1-51, 2010.

SOUZA, R. B. Pressões respiratórias estáticas máximas. **J Pneumol**, v. 28, Supl. 3, p. S155-S165, 2002.

STEFANUTTI, D. *et al.* Usefulness of sniff nasal pressure in patients with neuromuscular or skeletal disorders. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 162, n.4, p. 1507-1511, 2000.

ULDRY, C., FITTING, J. W. Maximal values of sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects. **Thorax**, v. 50, n.4, p. 371-375, 1995.

VINCKEN, W., GHEZZO, H., COSIO, M. G. Maximal static respiratory pressures in adults: normal values and their relationship to determinants of respiratory function. **Bull Eur Physiopathol Respir**, v. 23, n.5, p. 435-439, 1987.

WILMORE, J.H. Alterations in strength, body composition and antropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. *Med Sci. Sports*, v. 6, n.2, p. 133-138, 1974.

WILSON, S. H. *et al.* Predicted normal values for maximal respiratory pressures in Caucasian adults and children. **Thorax**, v. 39, n.7, p. 535-538, 1984.

WINDISCH, W. *et al.* Peak or plateau maximal inspiratory mouth pressure: which is best? **Eur Respir J** , v. 23, n.5, p. 708-713, 2004.

WOHLGEMUTH, M. *et al.* Face mask spirometry and respiratory pressures in normal subjects. **Eur Respir J**, v. 22, n.6, p. 1001-1006, 2003.

Tabela 1. Características antropométricas e demográficas dos 134 indivíduos de acordo com o sexo e subgrupos etários.

Grupos	N	Idade (anos)	Altura (m)	Peso (kg)	IMC	M-G (%)	M-M (%)	C-A (cm)	RCQ	Aptidão física
<b>Mulheres</b>										
<b>20-29</b>	16	24 (3)	1,63 (0,06)	59 (7)	22 (2)	34,3 (3,6)	65,7 (3,6)	70,9 (4,7)	0,71 (0,04)	68%
<b>30-39</b>	14	36 (3)	1,64 (0,06)	61 (10)	23 (3)	36,3 (5,3)	63,7 (5,3)	74,1 (8,7)	0,76 (0,05)	57%
<b>40-49</b>	14	44 (4)	1,63 (0,07)	63 (7)	24 (2)	38,0 (4,7)	62,0 (4,7)	78,1 (6,0)	0,79 (0,04)	43%
<b>50-59</b>	11	56 (3)	1,58 (0,07)	63 (10)	25 (2)	41,0 (1,5)	59,1 (1,5)	79,1 (5,8)	0,81 (0,05)	45%
<b>&gt;60</b>	19	71 (8)	1,53 (0,05)	59 (8)	25 (3)	35,0 (6,2)	65,0 (6,2)	79,6 (8,6)	0,81 (0,06)	42%
<b>Total</b>	74	47(18)	1,60 (0,07)	61 (8)	24 (3)	35,6 (4,6)	64,4 (5,0)	76,4 (7,7)	0,78 (0,06)	51%
<b>Homens</b>										
<b>20-29</b>	15	24 (3)	1,77 (0,06)	73 (9)	23 (2)	24,3 (3,7)	75,7 (3,7)	80,1 (4,2)	0,83 (0,04)	40%
<b>30-39</b>	14	34 (3)	1,76 (0,09)	83 (12)	27 (2)	28,7 (5,6)	71,3 (5,6)	89,4 (6,4)	0,87 (0,05)	50%
<b>40-49</b>	11	44 (3)	1,73 (0,06)	76 (9)	25 (2)	25,6 (3,1)	74,4 (3,1)	90,6 (5,8)	0,97 (0,20)	27%
<b>50-59</b>	10	53 (3)	1,72 (0,08)	78 (7)	27 (2)	27,7 (5,2)	72,3 (5,2)	93,8 (5,4)	0,95 (0,05)	40%
<b>&gt;60</b>	10	69 (8)	1,69 (0,07)	76 (7)	27 (2)	29,4 (4,6)	70,6 (4,6)	95,7 (7,0)	0,98 (0,07)	40%
<b>Total</b>	60	43(16)	1,74 (0,08)	77 (9)	25 (2)	27,2 (4,7)	72,8 (4,7)	89,2 (7,8)	0,91 (0,11)	39%

Dados apresentados como média e desvio padrão. N = amostra; IMC = índice de massa corporal; M-G= massa gorda; M-M = massa magra; C-A = circunferência abdominal; RCQ = relação cintura quadril; Aptidão física = percentual de sedentários.

Tabela 2. Valores observados das pressões respiratórias máximas e da SNIP obtidos para cada subgrupo com o coeficiente de variação total.

Idades (anos)	MULHERES (N=74)			HOMENS (N=60)		
	PI <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	PE <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	SNIP (cmH <sub>2</sub> O)	PI <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	PE <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	SNIP (cmH <sub>2</sub> O)
<b>20-29</b>	99,4 (20,7)	114,2 (23,1)	79,6 (22,8)	126,1 (21,7)	144,5 (20,5)	83,7 (17,3)
<b>30-39</b>	99,0 (6,4)	121,8 (33,0)	68,1 (19,6)	126,1 (32,9)	178,7 (38,4)	89,7 (25,6)
<b>40-49</b>	97,9 (26,5)	121,9 (34,1)	74,9 (26,6)	132,6 (31,3)	163,5 (39,0)	99,1 (31,6)
<b>50-59</b>	87,7 (24,0)	119,4 (35,3)	72,3 (16,8)	118,9 (50,9)	212,9 (21,2)	87,7 (44,1)
<b>&gt;60</b>	74,8 (16,4)	91,8 (29,6)	57,5 (17,4)	98,5 (12,6)	155,4 (50,5)	75,4 (25,3)
<b>Total</b>	91,1 (26,1)	112,1 (32,2)	69,9 (21,9)	121,3 (30,7)	167,4 (40,12)	87,7 (25,4)
<b>CV (%)</b>	29	29	31	25	24	29

Dados apresentados como média e desvio padrão. N= número de sujeitos; PI<sub>máx</sub>= pressão inspiratória máxima; PE<sub>máx</sub>= pressão expiratória máxima; SNIP= pressão inspiratória nasal durante o fungar; CV= coeficiente de variação.

Figura 1. Matriz de correlação.

	PI	SNIP	PE	Sexo	Ativ	Idade	Peso	Alt	IMC	Fat	musc	Cint	RCQ
PI	1	0,64	0,56	0,45	-0,04	-0,36	0,44	0,49	0,15	-0,32	0,32	0,28	0,23
SNIP		1	0,42	0,32	-0,16	-0,24	0,31	0,29	0,15	-0,31	0,31	0,24	0,15
PE			1	0,59	-0,03	-0,18	0,55	0,49	0,33	-0,24	0,28	0,53	0,45
Sexo				1	-0,11	-0,12	0,66	0,67	0,27	-0,63	0,63	0,60	0,63
Ativ					1	-0,11	-0,06	-0,05	-0,02	0,31	-0,31	-0,07	-0,14
Idade						1	-0,11	-0,46	0,34	0,02	-0,02	0,30	0,16
Peso							1	0,78	0,70	-0,17	0,17	0,78	0,36
Alt								1	0,10	-0,50	0,50	0,42	0,25
IMC									1	0,26	-0,26	0,78	0,30
Fat										1	-1,00	-0,14	-0,19
Musc											1	0,14	0,19
Cint												1	0,55
RCQ													1

PI = pressão inspiratória máxima; PE = pressão expiratória máxima; SNIP = pressão inspiratória nasal durante o fungar; Ativ = aptidão física; Alt = altura; IMC = índice de massa corporal; Fat = percentual de massa gorda; Musc = percentual de massa magra; Cint = cintura (circunferência abdominal); RCQ = relação cintura quadril.

Células em amarelo = Correlações de Pearson

Células em azul = Correlações de Spearman

Célula em vermelho = Correlação de Kendall

Valores em vermelho =  $p < 0,001$

Valores em verde =  $p < 0,05$

Valores em preto = não significativos

Tabela 3. Equações de referências para as pressões respiratórias máximas e para a SNIP.

<b>EQUAÇÕES PREDITIVAS</b>	<b>r<sup>2</sup></b>	<b>EPE</b>
<b>PI<sub>máx</sub></b> (cmH <sub>2</sub> O) = 63,27 – 0,55 (idade) + 17,96 (sexo) + 0,58 (peso)	<b>34</b>	<b>26,3</b>
<b>PE<sub>máx</sub></b> (cmH <sub>2</sub> O) = - 61,41 + 2,29 (idade) – 0,03 (idade <sup>2</sup> ) + 33,72 (sexo) + 1,40 (cintura)	<b>49</b>	<b>32,8</b>
<b>SNIP</b> (cmH <sub>2</sub> O) = 46,44 – 0,52 (idade) + 0,86 (cintura) – 10,51 (aptidão física)	<b>21</b>	<b>22,5</b>

PRM = pressões respiratórias máximas; PI<sub>máx</sub> = pressão inspiratória máxima; PE<sub>máx</sub> = pressão expiratória máxima; SNIP = pressão inspiratória nasal durante o fungar; cintura = circunferência abdominal em cm; peso em Kg; r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; EPE = erro padrão da estimativa (standard error of the estimate). Para o sexo feminino multiplica-se a constante por zero (sexo = 0). Para o sexo masculino multiplica-se a constante por um (sexo = 1). Para aptidão física multiplica-se a constante por zero (0) caso o indivíduo seja ativo e por um (1) caso seja sedentário.

Tabela 4a. Estatística descritiva para os valores preditos da PImáx em função do sexo e da faixa etária.

SEXO	FAIXA ETÁRIA	Média prevista	Desvio padrão	N	Erro padrão*	Intervalo de confiança (10%)**	LSN***	LIN****
Mulher	20 a 29	102,13	4,31	16	21,85	35,94	138,07	66,19
	30 a 39	97,16	5,81	14	34,23	56,31	153,47	40,86
	40 a 49	93,96	5,61	14	24,69	40,49	134,45	53,47
	50 a 59	86,94	6,30	11	25,44	41,84	128,78	45,10
	60 a 70	81,63	5,07	10	13,40	22,05	103,68	59,58
Homem	20 - 29	128,31	4,91	15	30,18	49,65	177,96	78,66
	30 - 39	128,86	6,79	14	28,44	46,78	175,64	82,08
	40 - 49	119,11	5,35	11	32,52	53,50	172,61	65,61
	50 - 59	115,67	4,87	10	47,63	78,36	194,03	37,31
	60 - 70	106,21	3,97	7	21,43	35,25	141,46	70,0

PImáx = pressão inspiratória máxima

n = Número de observações

$$* = SEE = \sqrt{\frac{\sum (\hat{Y} - Y)^2}{(n-2)}}$$

\*\* = 1,645 (Erro padrão da estimativa)

\*\*\* = Limite superior de normalidade: Média + 1,645 (Erro padrão da estimativa)

\*\*\*\* = Limite inferior de normalidade: Média - 1,645 (Erro padrão da estimativa)

Tabela 4b. Estatística descritiva para os valores preditos de PEmáx em função do sexo e da faixa etária.

SEXO	FAIXA ETÁRIA	Média prevista	Desvio padrão	N	Erro padrão*	Intervalo de confiança (10%)**	LSN***	LIN****
Mulher	20 a 29	109,48	6,13	16	23,72	39,02	148,50	70,46
	30 a 39	119,33	12,36	14	32,90	54,12	173,45	65,21
	40 a 49	124,11	9,12	14	33,97	55,89	180,00	68,22
	50 a 59	117,41	9,45	11	32,84	54,01	171,42	63,40
	60 a 70	110,83	11,35	10	28,92	47,59	158,42	63,24
Homem	20 a 29	155,34	7,37	15	26,65	43,83	199,17	111,51
	30 a 39	173,96	9,27	14	41,82	68,80	242,80	105,16
	40 a 49	175,15	7,93	11	40,77	67,06	242,21	108,09
	50 a 59	174,55	9,23	10	43,84	72,12	246,67	102,43
	60 a 70	158,46	7,03	7	15,37	25,29	183,75	133,17

PEmáx = pressão expiratória máxima

n = Número de observações

$$* = SEE = \sqrt{\frac{\sum (\hat{Y} - Y)^2}{(n-2)}}$$

\*\* = 1,645 (Erro padrão da estimativa)

LSN\*\*\* = Limite superior de normalidade: Média + 1,645 (Erro padrão da estimativa)

LIN\*\*\*\* = Limite inferior de normalidade: Média - 1,645 (Erro padrão da estimativa)

Tabela 4c. Estatística descritiva para os valores preditos da SNIP em função do sexo e da faixa etária.

SEXO	FAIXA ETÁRIA	Média prevista	Desvio padrão	n	Erro padrão *	Intervalo de confiança (10%) **	LSN***	LIN****
Mulher	20 a 29	77,01	5,75	16	24,88	40,93	117,94	36,07
	30 a 39	75,09	6,66	14	21,91	36,04	111,13	39,05
	40 a 49	75,86	9,23	14	23,10	38,01	113,87	37,85
	50 a 59	70,29	7,10	11	16,41	26,99	97,28	43,30
	60 a 70	70,43	7,66	10	18,31	30,12	100,55	40,31
Homem	20 a 29	88,24	5,97	15	17,73	29,17	117,41	59,07
	30 a 39	90,16	7,79	14	29,14	47,94	138,10	42,22
	40 a 49	88,21	5,18	11	33,73	55,49	143,70	32,41
	50 a 59	85,03	4,69	10	29,57	48,65	133,68	36,38
	60 a 70	80,81	4,36	7	29,92	49,22	130,03	31,59

SNIP = pressão inspiratória nasal durante o fungar

n = Número de observações

$$* = SEE = \sqrt{\frac{\sum (\hat{Y} - Y)^2}{(n-2)}}$$

\*\* = 1,645 (Erro padrão da estimativa)

\*\*\* = Limite superior de normalidade: Média + 1,645 (Erro padrão da estimativa)

\*\*\*\* = Limite inferior de normalidade: Média - 1,645 (Erro padrão da estimativa)

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi realizado com o objetivo geral de retratar a força muscular respiratória em uma amostra da população adulta de Belo Horizonte/MG seguindo as recomendações metodológicas da ATS/ERS e SBPT. Uma vez que não havia, no momento de elaboração do projeto, estudo publicado com valores de referência para a SNIP na população brasileira e, por ser um teste complementar e, em algumas condições, alternativo à medida da força muscular inspiratória, foram propostos valores de referência para essa medida. No final de 2012 foi publicado o primeiro estudo sobre valores de referência para a SNIP na população brasileira.

A problemática sobre a existência de diversos valores de referência para as medidas de força muscular inspiratória é verificada no primeiro artigo dessa Tese. Pôde-se verificar a baixa qualidade metodológica dos artigos e compreender a dificuldade na pesquisa e, principalmente, na clínica em escolher uma equação de referência adequada à nossa população.

Um dos motivos para tal variabilidade é a falta de padronização metodológica entre os estudos. Após a publicação da ATS/ERS (2002) sobre as recomendações metodológicas para os testes das PRM foram publicados dois estudos brasileiros que não seguiram as referidas recomendações. A começar pelo uso de um instrumento digital com a operacionalização da pressão média máxima. Sabe-se que medidas válidas propiciam interpretações corretas dos índices de força muscular respiratória que são essenciais para o diagnóstico de fraqueza muscular respiratória.

Os referidos estudos brasileiros usaram um manovacuômetro analógico cuja obtenção das medidas da força muscular respiratória é permeada por questionamentos sobre a precisão das mesmas. Por isso a utilização de um manovacuômetro digital faz-se necessária em estudos sobre valores de referência devido à confiabilidade e a validade das medidas.

A avaliação das propriedades psicométricas do manovacuômetro utilizado nesse estudo, contribuiu para certificar a boa confiabilidade e validade das medidas. Dessa

forma o instrumento utilizado possibilitou, segundo as recomendações da ATS/ERS, confiar nas medidas pressóricas observadas e criar valores de referência da força muscular respiratória para uma amostra da população brasileira.

É uma premissa em estudos sobre valores de referência que a amostra deva ser saudável e representativa da população de onde o estudo foi realizado. Essa definição foi, algumas vezes, desconsiderada em alguns estudos (e.g. não realizaram o exame espirométrico que é essencial para detectar ausência de alteração da função pulmonar). Em alguns estudos foram incluídos indivíduos obesos ou com doença cardiovascular.

Diferentemente de todos os estudos sobre valores de referência, o presente estudo teve o cuidado adicional de aplicar o mini-exame do estado mental em indivíduos idosos (acima de 60 anos) para constatar a saúde mental dessa faixa etária.

O número amostral afeta diretamente a acurácia de predição da equação. Segundo Portney e Watkins pesquisadores podem reduzir o erro padrão da estimativa e, conseqüentemente, melhorar a acurácia da predição por incluir mais do que uma observação de cada valor de X (variável independente). Embora o número amostral tenha sido apropriado nesse estudo a participação de voluntários a partir de 60 anos foi dificultada pela falta de interesse/disponibilidade dos mesmos. Mesmo sabendo que a amostra final foi representativa da população de Belo Horizonte, concernente ao número de indivíduos de sexos distintos por faixa etária, sudere-se estudos com uma amostra maior da população de Belo Horizonte.

O presente estudo, assim como os demais, avaliou o poder preditivo das características físicas sobre as pressões respiratórias e, assim como a maioria dos estudos, constatou-se que há uma fraca associação entre as mesmas, o que torna a interpretação dessas medidas problemática. Sugerem-se mais estudos sobre as variáveis preditivas das medidas de força muscular respiratória uma vez que já está comprovada que características físicas explicam apenas uma pequena parte da variabilidade dessas medidas.

Vale ressaltar que são necessários mais estudos para confirmar a validade externa das equações de predição propostas neste estudo e que os valores preditos com seus respectivos limites superiores e inferiores foram criados a partir de um grupo amostral específico, por isso, devem ser utilizados na clínica e na pesquisa com parcimônia.

O presente estudo está de acordo com a proposta do programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Minas Gerais que tem como referencial teórico a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). O objetivo geral dessa Tese foi retratar a função muscular de indivíduos saudáveis, caracterizada pela força muscular respiratória, por meio das medidas das pressões respiratórias (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>) e da SNIP. Dessa forma essa tese é pautada na parte de Funcionalidade e Incapacidade, sendo contemplado o componente das funções e estruturas do corpo.

A natureza instável das medidas de FMR, representada pelos altos coeficientes de variação para indivíduos de mesma faixa etária e sexo, ressalta a importância de uma abordagem biopsicossocial que incorpore na avaliação da força muscular respiratória (condição de saúde) fatores contextuais (pessoais/ambientais) inerentes a cada indivíduo. A CIF relaciona os fatores ambientais e pessoais com o constructo de funcionalidade (função/estrutura do corpo e atividade e participação). Os fatores contextuais (e.g motivação e cooperação) impactam diretamente na medida da FMR obtidas por testes volitivos o que comprova o pressuposto da CIF referente à abordagem do “TODO” em detrimento de uma avaliação reducionista do indivíduo (“parte”).

Além disso, os valores de referência estabelecidos por esse estudo, se adequadamente aplicados, possibilitarão detectar a existência da disfunção dos músculos respiratórios a qual uma vez presente pode repercutir na qualidade de vida do indivíduo partindo, novamente da premissa da CIF de que por meio das “partes”, é possível conhecer o “TODO”.

## REFERÊNCIAS

ABESO. **Diretrizes brasileiras de obesidade 2009/2010**. 3.ed. São Paulo: Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e Síndrome Metabólica, 2009.

AINSWORTH, B. E. *et al.* Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n.9, p. S498-S504, 2000.

ALDRICH, T. K., SPIRO, P. Maximal inspiratory pressure: does reproducibility indicate full effort? **Thorax**, v. 50, n.1, p. 40-43, 1995.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Triagem de saúde e estratificação dos riscos. In: -----, **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. Rio de Janeiro: 2003. cap. 2, p. 15-21.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM) **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**. 8.ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2010. 66 p.

ARAÚJO, P. R. S. *et al.* Reference values for sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects in Brazil: a multicenter study. **J Bras Pneumol**, v. 38, n.6, p. 700-707, 2012.

ARORA, N. S., ROCHESTER, D. F. Respiratory muscle strength and maximal voluntary ventilation in undernourished patients. **Am Rev Respir Dis**, v. 126, n.1, p. 5-8, 1982.

ATS/ERS. Statement on respiratory muscle testing. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 166, n.4, p. 518-624, 2002.

BAECKE, J. A. *et al.* A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **Am J Clin Nutr**, v. 36, n.5, p. 936-942, 1982.

BLACK, L. F., HYATT, R. E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **Am Rev Respir Dis**, v. 99, n.5, p. 696-702, 1969.

BORENSTEIN, M. *et al.* **Meta-analysis: fixed effect vs random effects**. Disponível em: [http://www.meta-analysis.com/downloads/Meta-analysis%20fixed%20effect%20vs%20random%20effects\\_orig.pdf](http://www.meta-analysis.com/downloads/Meta-analysis%20fixed%20effect%20vs%20random%20effects_orig.pdf). Acesso em 01 de Agosto, 2012.

BRUCKI, S. M. *et al.* Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 61, n.3B, p. 777-781, 2003.

BRUNETTO, A. F. *et al.* Comparação das medidas de pressões respiratórias máximas (PIMÁX, PEMÁX) aferidas através de manuvacuômetro e sistema de aquisição de dados (SAQDADOS). **Revista Brasileira Atividade Física e Saúde**, v. 5, n.2, p. 30-37, 2000.

BRUNETTO, A. F., ALVES, L. A. Comparação entre os valores de pico e sustentados das pressões respiratórias máximas em indivíduos saudáveis e pacientes portadores de pneumopatia crônica. **J Pneumol**, v. 29, n.4, p. 208-212, 2003.

BRUSCHI, C. *et al.* Reference values of maximal respiratory mouth pressures: a population-based study. **Am Rev Respir Dis**, v. 146, n.3, p. 790-793, 1992.

CAMELO JR., J. S., TERRA FILHO, J.; MANÇO, J. C. Pressões respiratórias máximas em adultos normais. **J Pneumol**, v. 11, n.4, p. 181-184, 1985.

CARPENTER, M. A. *et al.* Demographic and anthropometric correlates of maximum inspiratory pressure: the atherosclerosis risk in communities study. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 159, n.2, p. 415-422, 1999.

CASA, D. J. *et al.* National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. **J Athl Train**, v. 35, n.2, p. 212-224, 2000.

CHARFI, M. R. *et al.* Les pressions ventilatoires maximales a la bouche chez l'adulte: valeurs normales et variables explicatives. **Rev Mal Respir**, v. 8, n.4, p. 367-374, 1991.

CHEN, H. I., KUO, C. S. Relationship between respiratory muscle function and age, sex, and other factors. **J Appl Physiol**, v. 66, n.2, p. 943-948, 1989.

COOK, C. D., MEAD, J., ORZALESI, M. M. Static volume-pressure characteristics of the respiratory system during maximal efforts. **J Appl Physiol**, v. 19, p. 1016-1022, 1964.

COSTA, D. *et al.* New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. **J Bras Pneumol**, v. 36, n.3, p. 306-312, 2010.

DIMITRIADIS Z. *et al.* Test/retest reliability of maximum mouth pressure measurements with the MicroRPM in healthy volunteers. **Respir Care**, v. 56, n.6, p. 776-82, 2011.

DUARTE, A. A. *et al.* Validation of new brazilian predicted values for forced spirometry in caucasians and comparison with predicted values obtained using other reference equations. **J Bras Pneumol**, v. 33, n.5, p. 527-535, 2007.

ENRIGHT, P. L. *et al.* Respiratory muscle strength in the elderly: correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 149, n.2, p. 430-438, 1994.

ENRIGHT, P. L. *et al.* Spirometry and maximal respiratory pressure references from healthy Minnesota 65- to 85-year-old women and men. **Chest**, v. 108, n.3, p. 663-669, 1995.

EVANS, J. A., WHITELOW, W. A. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. **Respir Care**, v. 54, n.10, p. 1348-1359, 2009.

FERREIRA, J. L. *et al.* Maximum respiratory pressure measuring system: calibration and evaluation of uncertainty. **Revista de Controle e Automação**, v. 21, n.6, p. 588-597, 2010.

FITTING, J. W. *et al.* Sniff nasal pressure: a sensitive respiratory test to assess progression of amyotrophic lateral sclerosis. **Ann Neurol**, v. 46, n.6, p. 887-893, 1999.

FITTING, J. W. Sniff nasal inspiratory pressure: simple or too simple? **Eur Respir J**, v. 27, n.5, p. 881-883, 2006.

FIZ, J. A. *et al.* How many manoeuvres should be done to measure maximal inspiratory mouth pressure in patients with chronic airflow obstruction? **Thorax**, v. 44, n.5, p. 419-421, 1989.

FIZ, J. A. *et al.* Measurement of maximal expiratory pressure: effect of holding the lips. **Thorax**, v. 47, n.11, p. 961-963, 1992.

GOPALAKRISHNA, A. *et al.* Normative values for maximal respiratory pressures in an Indian Mangalore population: cross-sectional pilot study. **Lung India**, v. 28, n.4, p. 247-252, 2011.

GORDIS, L. **Epidemiology**. 3. ed. New York: Elsevier Science, 2004

HAMNEGARD, C. H. *et al.* Portable measurement of maximum mouth pressures. **Eur Respir J**, v. 7, n.2, p. 398-401, 1994.

HARIK-KHAN, R. I. *et al.* Determinants of maximal inspiratory pressure: the Baltimore longitudinal study of aging. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 158, n.5, p. 1459-1464, 1998.

HASKELL, W. L. *et al.* Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n.8, p. 1423-1434, 2007.

HAUTMANN, H. *et al.* Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects--what is the lower limit of normal? **Respir Med**, v. 94, n.7, p. 689-693, 2000.

HEIJDRRA, Y. F. *et al.* Effects of body position, hyperinflation, and blood gas tensions on maximal respiratory pressures in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Thorax**, v. 49, n.5, p. 453-458, 1994.

HÉRITIER, F. *et al.* Sniff nasal inspiratory pressure: a noninvasive assessment of inspiratory muscle strength. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 150, n.6, p. 1678-1683, 1994.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. Método de impedância bioelétrica. In: ----- **Avaliação da composição corporal aplicada**. São Paulo: Manole, 2000. cap. 3, p. 47-60.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. Método antropométrico. In: ----- **Avaliação da composição corporal aplicada**. São Paulo: Manole, 2000. cap. 5, p. 90-91.

IKAI, M., FUKUNAGA, T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. **Int Z Angew Physiol**, v. 26, n.1, p. 26-32, 1968.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse e resultados do Censo**, 2010. v. 2012.

INSTITUTO SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.institutosaopaulo.com.br>>. Acesso em 01 de novembro. 2012.

JOHAN, A. *et al.* Maximal respiratory pressures in adult Chinese, Malays and Indians. **Eur Respir J**, v. 10, n.12, p. 2825-2828, 1997.

KAMIDE, N. *et al.* Sniff nasal inspiratory pressure in healthy Japanese subjects: mean values and lower limits of normal. **Respiration**, v. 77, n.1, p. 58-62, 2009.

KARVONEN, J. *et al.* Measurement of respiratory muscle forces based on maximal inspiratory and expiratory pressures. **Respiration**, v. 61, n.1, p. 28-31, 1994.

KOCH, B. *et al.* Reference values for respiratory pressures in a general adult population--results of the Study of Health in Pomerania (SHIP). **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 30, n.6, p. 460-465, 2010.

KOULOURIS, N. *et al.* Comparison of two different mouthpieces for the measurement of Pimax and Pemax in normal and weak subjects. **Eur Respir J**, v. 1, n.9, p. 863-867, 1988.

KYLE, U. G. *et al.* Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. **Clin Nutr**, v. 23, n.5, p. 1226-1243, 2004a.

KYLE, U. G. *et al.* Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. **Clin Nutr**, v. 23, n.6, p. 1430-1453, 2004b.

LARSON, J. L., KIM, M. J. Reliability of maximal inspiratory pressure. **Nurs Res**, v. 36, n.5, p. 317-319, 1987.

LEAL, A. H. *et al.* Comparação entre valores de força muscular respiratória medidos e previstos por diferentes equações. **Rev Bras Fisioter**, v. 14, n.3, p. 25-30, 2007.

LEECH, J. A. *et al.* Respiratory pressures and function in young adults. **Am Rev Respir Dis**, v. 128, n.1, p. 17-23, 1983.

MARÍN-MARTÍNEZ, F., SÁNCHEZ-MECA, J. Weighting by inverse variance or by sample size in random effects meta-analysis. **Educational and Psychological Measurement**, v. 70, p. 56-73, 2010.

MAYOS, M. *et al.* Measurement of maximal static respiratory pressures at the mouth with different air leaks. **Chest**, v. 100, n.2, p. 364-366, 1991.

MCCONNELL, A. K., COPESTAKE, A. J. Maximum static respiratory pressures in healthy elderly men and women: issues of reproducibility and interpretation. **Respiration**, v. 66, n.3, p. 251-258, 1999.

MCELVANEY, G. *et al.* Maximal static respiratory pressures in the normal elderly. **Am Rev Respir Dis**, v. 139, n.1, p. 277-281, 1989.

MEHTA, S. Neuromuscular disease causing acute respiratory failure. **Respir Care**, v. 51, n.9, p. 1016-1021, 2006.

MEYER, F. J. *et al.* Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: clinical correlation and prognostic significance. **Circulation**, v. 103, n.17, p. 2153-2158, 2001.

MEYER, F. J. *et al.* Respiratory muscle dysfunction in idiopathic pulmonary arterial hypertension. **Eur Respir J**, v. 25, n.1, p. 125-130, 2005.

MONTEMEZZO, D. *et al.* Pressões respiratórias máximas: equipamentos e procedimentos usados por fisioterapeutas brasileiros. **Fisioter Pesq**, v. 17, n.2, p. 147-152, 2010.

MONTEMEZZO, D. *et al.* Influence of 4 interfaces in the assessment of maximal respiratory pressures. **Respir Care**, v. 57, n.3, p. 392-398, 2012.

NAVA, S. *et al.* Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. **Thorax**, v. 48, n.7, p. 702-707, 1993.

NEDER, J. A. *et al.* Reference values for lung function tests: maximal respiratory pressures and voluntary ventilation, 2. **Braz J Med Biol Res**, v. 32, n.6, p. 719-727, 1999.

PANDE, J. N. *et al.* Respiratory pressures in normal Indian subjects. **Indian J Chest Dis Allied Sci**, v. 40, n.4, p. 251-256, 1998.

PARREIRA, V. F. *et al.* Pressões respiratórias máximas: valores encontrados e preditos em indivíduos saudáveis. **Rev bras fisioter**, v. 11, n.5, p. 361-368, 2007.

PELLEGRINO, R. *et al.* Interpretative strategies for lung function tests. **Eur Respir J**, v. 26, n.5, p. 948-968, 2005.

PEREIRA, C. A. *et al.* New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. **J Bras Pneumol**, v. 33, n.4, p. 397-406, 2007.

PEREIRA, C. A. C. Espirometria. **J Pneumol**, v. 28, n.3, p. 1-22, 2002.

PIGOTT, T. **Fixed and random effect models in meta-analysis**. Disponível em: <[http://www.campbellcollaboration.org/artman2/uploads/1/2\\_Pigott\\_RandomFixedModels.pdf](http://www.campbellcollaboration.org/artman2/uploads/1/2_Pigott_RandomFixedModels.pdf)>. Acesso em 05 de Agosto, 2012.

PORTNEY, L. G.; WATKINS, M. P. PORTNEY, L. G.; WATKINS, M. P. **Foundations of Clinical Research: applications to practice**. 2 ed. NJ: Prentice-Hall Health, 2000

PRIDE, N. B. Ageing and changes in lung mechanics. **Eur Respir J**, v. 26, n.4, p. 563-565, 2005.

QUANJER, P. H. *et al.* Age- and height-based prediction bias in spirometry reference equations. **Eur Respir J**, v. 40, n.1, p. 190-197, 2012.

RIED, K. Interpreting and understanding meta-analysis graphs. **Australian Family Physician**, v. 35, n.8, p. 635-638, 2006.

RINGQVIST, T. The ventilatory capacity in healthy subjects: an analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. **Scand J Clin Lab Invest Suppl**, v. 88, p. 5-179, 1966.

RODRIGUES, F., BÁRBARA, C. Pressões respiratórias máximas: proposta de um protocolo de procedimentos. **Rev Port Pneumol**, v. VI, n.4, p. 297-307, 2000.

SACHS, M. C. *et al.* Performance of maximum inspiratory pressure tests and maximum inspiratory pressure reference equations for 4 race/ethnic groups. **Respir Care**, v. 54, n.10, p. 1321-1328, 2009.

SCHOENBERG, J. B. *et al.* Growth and decay of pulmonary function in healthy blacks and whites. **Respir Physiol**, v. 33, n.3, p. 367-393, 1978.

SEVERINO, F. G. *et al.* Comparação entre o manovacuômetro nacional e o importado para a medida da pressão inspiratória nasal. **Rev Bras Fisioter**, v. 14, n.5, p. 426-431, 2010.

SILVA, J. L. **Desenvolvimento de um sistema digital de medição das pressões respiratórias máximas**. 2006. 56 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SIMÕES, R. P. *et al.* Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central Sao Paulo State. **Rev Bras Fisioter**, v. 14, n.1, p. 60-67, 2010.

SMYTH, R. J. *et al.* Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents: normal values. **Chest**, v. 86, n.4, p. 568-572, 1984.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n.1, Supl 1, p. 1-51, 2010.

SOUZA, R. B. Pressões respiratórias estáticas máximas. **J Pneumol**, v. 28, Supl. 3, p. S155-S165, 2002.

STEFANUTTI, D. *et al.* Usefulness of sniff nasal pressure in patients with neuromuscular or skeletal disorders. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 162, n.4, p. 1507-1511, 2000.

STEIER, J. *et al.* The value of multiple tests of respiratory muscle strength. **Thorax**, v. 62, n.11, p. 975-980, 2007.

TERZI, N. *et al.* Mouth and nasal inspiratory pressure: learning effect and reproducibility in healthy adults. **Respiration**, v. 80, n.5, p. 379-386, 2010.

ULDRY, C., FITTING, J. W. Maximal values of sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects. **Thorax**, v. 50, n.4, p. 371-375, 1995.

VINCKEN, W., GHEZZO, H., COSIO, M. G. Maximal static respiratory pressures in adults: normal values and their relationship to determinants of respiratory function. **Bull Eur Physiopathol Respir**, v. 23, n.5, p. 435-439, 1987.

VOLIANITIS, S. *et al.* Assessment of maximum inspiratory pressure. Prior submaximal respiratory muscle activity ('warm-up') enhances maximum inspiratory activity and attenuates the learning effect of repeated measurement. **Respiration**, v. 68, n.1, p. 22-27, 2001.

WHITING, P. *et al.* The development of QUADAS: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews. **BMC Med Res Methodol**, v. 3, p. 25-2003.

WHITING, P. F. *et al.* Evaluation of QUADAS, a tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. **BMC Med Res Methodol**, v. 6, p. 9-2006.

WIJKSTRA, P. J. *et al.* Peak inspiratory mouth pressure in healthy subjects and in patients with COPD. **Chest**, v. 107, n.3, p. 652-656, 1995.

WILMORE, J.H. Alterations in strength, body composition and antropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. **Med Sci. Sports**, v. 6, n.2, p. 133-138, 1974.

WILSON, D.B. **Meta-analysis stuff**. v. 2012. Disponível em: <  
<http://mason.gmu.edu/~dwilsonb/home.html>. Acesso em 01 Junho. 2012

WILSON, S. H. *et al.* Predicted normal values for maximal respiratory pressures in Caucasian adults and children. **Thorax**, v. 39, n.7, p. 535-538, 1984.

WINDISCH, W. *et al.* Peak or plateau maximal inspiratory mouth pressure: which is best? **Eur Respir J** , v. 23, n.5, p. 708-713, 2004.

WOHLGEMUTH, M. *et al.* Face mask spirometry and respiratory pressures in normal subjects. **Eur Respir J**, v. 22, n.6, p. 1001-1006, 2003.

## APÊNDICE A

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Obrigada pelo seu interesse em participar do estudo “PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS EM INDIVÍDUOS ADULTOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS”.

#### **Justificativa e objetivo**

Esta é uma pesquisa que tem como objetivo estabelecer valores de referência da força dos músculos respiratórios em uma população de Minas Gerais com idade entre 20 e 90 anos. A força dos músculos inspiratórios é representada pela pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx</sub>) e a força dos músculos expiratórios pela pressão expiratória máxima (P<sub>Emáx</sub>). A medida das pressões contribui para detectar determinadas disfunções clínicas (fraqueza muscular respiratória, incapacidade de tossir e de eliminar secreções pulmonares e falta de ar) muito significativa para os doentes. Segundo a Sociedade Americana Torácica devem ser criadas regularmente novas equações de referência da função pulmonar com o intuito de atualizar os valores de referência das pressões respiratórias máximas para a população estudada.

#### **Responsáveis:**

Profa. Dra. Verônica Franco Parreira e Isabela Maria Braga Sclauser Pessoa (Doutoranda) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Minas Gerais.

#### **Procedimentos:**

Inicialmente os voluntários serão submetidos a uma avaliação fisioterapêutica do sistema respiratório e realizarão prova de função pulmonar (espirometria). Será aplicado o questionário Mini-Exame do Estado Mental nos participantes com idade superior a 60 anos para avaliação do seu nível de compreensão. Os sujeitos considerados sem doença respiratória, sem deformidade torácica, sem alteração de compreensão serão selecionados.

Em seguida será realizada a medição do peso e altura, utilizando uma balança calibrada. O percentual corporal de massa magra e massa gorda será avaliado pela Bioimpedância elétrica.

O teste da força muscular respiratória será realizado pela pesquisadora. Para esse teste o (a) Sr. (a) permanecerá sentado em repouso e realizará inspirações e expirações profundas e rápidas em um equipamento de medida específico. A ordem de aplicações desses testes será sorteada e haverá um período de descanso de aproximadamente 10 minutos entre eles.

**Benefícios esperados:**

As medidas obtidas nesse estudo contribuirão para estabelecer valores normais da força dos músculos que atuam na respiração em uma ampla faixa etária da população mineira. Além disso, o (a) Sr. (a) receberá uma avaliação do sistema respiratório.

**Possíveis Riscos ou Desconfortos:**

O estudo **não** oferece riscos ou desconfortos significativos, visto que **não** há nenhum procedimento desgastante para os participantes e **não** há utilização de instrumentos invasivos ou pérfuro-cortantes, como seringas.

**Garantia de esclarecimento**

Em qualquer momento da pesquisa, o (a) Sr. (a) tem o direito de receber informações acerca da pesquisa e dos testes que serão realizados.

**Garantia de sigilo**

Os dados obtidos durante a pesquisa são confidenciais e não serão usados para outros fins.

**Direito de recusa**

O (a) Sr. (a) pode recusar a participar ou pode retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalização ou prejuízo.

**Ressarcimento e indenização**

O (a) Sr. (a) não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa e não receberá remuneração.

**CONSENTIMENTO:** Declaro que li e entendi as informações contidas acima e que todas as dúvidas foram esclarecidas. Desta forma, eu \_\_\_\_\_ concordo em participar deste estudo.

---

Assinatura do responsável

---

Assinatura do pesquisador

Belo Horizonte,

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Telefones e endereços para contato:

- **Professora Verônica Franco Parreira**

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha. Belo Horizonte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Telefone: 3409-4794 / 9975-0523

- **Isabela Maria Braga Sclauser Pessoa**

Endereço: Rua José Mendes de Carvalho, 254- Castelo. Belo Horizonte. Telefone: 9956-2177

- **Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP)**

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II – 2º andar.  
Campus Pampulha. Belo Horizonte. Telefone: 3409-459

## APÊNDICE B

### Recomendações para a Bioimpedância

#### **PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS EM INDIVÍDUOS ADULTOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Projeto aprovado pelo COEP da UFMG (ETIC 0425.0.203.000-100)

#### **Recomendações da Bioimpedância aos voluntários**

1. Os voluntários devem estar em jejum (abster-se de comer e beber durante as 4 horas que precederem o exame);
2. Não ingerir bebidas alcoólicas e cafeína 24 hs (pelo menos 8hs) antes do exame;
3. Evitar a atividade física moderada a vigorosa ou fazer sauna nas 12 horas (pelo menos 8hs) que precedem o exame;
4. Ingerir pelo menos 500ml de água no dia anterior ao exame;
5. Deve-se esvaziar a bexiga completamente apenas antes do exame (após solicitação da pesquisadora).
6. Evitar realizar o teste no período pré-menstrual.

**Fonte: Bioelectrical impedance analysis: Part II: utilization in clinical practice. ESPEN guidelines. Clinical Nutrition, v. 23, p. 1430-1453, 2004**

**Isabela Maria Braga Sclauser Pessoa (9956-2177)**

**Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação**

**EEFFTO-UFMG**

## APÊNDICE C

### Carta-convite aos voluntários

Prezado(a) Usuário(a) Minha UFMG,

Sou aluna do Curso de **Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação – Nível Doutorado**, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – EEFFTO/UFMG e estou desenvolvendo um projeto que visa criar valores de referência e equações de predição para a força dos músculos respiratórios de pessoas saudáveis; sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Verônica Franco Parreira e co-orientação do Prof. Dr. Miguel Houri Neto. O projeto foi aprovado pelo COEP da UFMG (ETIC 0425.0.203.000-100). Sua identidade será mantida em sigilo.

Ao participar você realizará a espirometria (para avaliação de alguns parâmetros de sua função pulmonar, a bioimpedância (para avaliação de sua composição corporal em percentual de massa magra e de gordura) e a mensuração da **força dos músculos respiratórios**. Caso você apresente idade superior ou igual a 60 anos, responderá a um questionário sobre suas funções cognitivas.

**TODOS ESSES PROCEDIMENTOS SÃO NÃO INVASIVOS, SEM UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PERFURO-CORTANTES OU USO DE MEDICAMENTOS.**

O local de coleta de dados será o Laboratório de Avaliação e Desempenho Cardiorrespiratório – LabCare, sala 1104 da EEFFTO ou, eventualmente, no seu local de trabalho. **O Tempo máximo previsto da coleta é de 2 horas.**

Abaixo estão os dados de identificação e os critérios de inclusão. Por favor, responda-os:

1. Nome: \_\_\_\_\_
2. Data de Nascimento: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_
3. Idade: \_\_\_\_\_ anos
4. Peso: \_\_\_\_\_ Kg
5. Altura: \_\_\_\_\_ m

6. Local de ocupação (trabalho e/ou estudo): \_\_\_\_\_

7. Você é fumante ou é ex-fumante?  SIM  NÃO

8. Você teve febre nas últimas 3 semanas?  SIM  NÃO

9. Você teve gripe ou resfriado na última semana?  SIM  NÃO

10. Você usa algum remédio/medicação de forma contínua?  SIM  NÃO

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

11. Você tem alguma doença?  SIM  NÃO

Exemplos:

\* Doenças respiratórias (Asma, Bronquite, Tuberculose)

\* Doenças neuromusculares

\* Doenças cardíacas

\* Glaucoma

OUTRAS: \_\_\_\_\_

12. Você tem algum problema muscular em membros superiores, coluna cervical, torácica, lombar ou nos músculos da face que desencadeia dor?  SIM  NÃO

13. Você usa prótese dentária?  SIM  NÃO

Se sim, por favor, especifique:  TOTAL  PARCIAL

14. Qual sua disponibilidade de horários, incluindo sábado?

Dia da semana: \_\_\_\_\_

Horário: \_\_\_\_\_

Telefone(s) de contato: \_\_\_\_\_

Caso você queira algum esclarecimento complementar, por favor, entre em contato pelo e-mail: [projetoressoesrespiratorias@gmail.com](mailto:projetoressoesrespiratorias@gmail.com)

Agradecemos antecipadamente sua disponibilidade e colaboração.

**Isabela Maria Braga Sclausen Pessoa**

**Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação**

**EEFFTO-UFMG**

**Verônica Franco Parreira**

**Profa. Associada – Departamento de Fisioterapia**

**EEFFTO – UFMG**

## APÊNDICE D

### Roteiro de entrevista

#### I. Dados de Identificação

1. Nome: \_\_\_\_\_
2. Data de Nascimento: \_\_/\_\_/\_\_
3. Idade: \_\_\_\_ anos
4. Sexo: \_\_M \_\_F
5. Altura: \_\_\_\_\_ cm    6. Peso: \_\_\_\_\_ Kg [sem calçados]
7. IMC: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ [18,5 kg/m<sup>2</sup>/ a 24,9 kg/m<sup>2</sup>]
8. RCQ: cintura 1) \_\_\_\_\_ 2) \_\_\_\_\_ ♀ 88 ♂ 102    quadril \_\_\_\_\_ RCQ: \_\_\_\_\_ ♀ .82 ♂ .94

#### II. Histórico

Recente \_\_\_\_\_

Fatores de Inclusão	Sim	Não
1. História de tabagismo [ativo, fogão a lenha]		
2. Exposição ocupacional em ambiente de risco [exposição por 1 ano ou mais em ambiente com alta concentração de pó]		
3. Doenças associadas [neuromusculares, respiratórias, cardíacas] ASMA: 2 ou + episódios de chiados, aliviados com BD, em qualquer fase da vida]		
4. Presença de febre nas últimas três semanas		
5. Presença de gripe e/ou resfriado na última semana		
6. Uso de medicação - corticóide oral		
7. Uso de medicação - depressor do sistema nervoso central		
8. Uso de medicação – barbitúrico		
9. Uso de medicação - relaxante muscular		
10. Uso de prótese dentária, falta de elementos dentários		

Variáveis) de controle (PRM e BIA)	Sim	Não
1. Prática de atividade física moderada a vigorosa nas		

últimas 12hs		
2. Ingestão de bebidas alcoólicas e café nas 8 horas que antecedem o exame		
3. Estar em jejum de bebida e comida por 4 horas		
4. Fez sauna nas 8 hs anteriores ao exame		
5. Esvaziar a bexiga antes do exame		

### III. Avaliação Respiratória

Parâmetros de Controle	Avaliação Inicial
PA (mmHg)	
FR (irpm)	
FC (bpm) FC <sub>máx</sub> : [220- ] = _____ 85% da FC <sub>máx</sub> : _____	
SpO <sub>2</sub> (%)	

#### Espirometria [sentado com clipe nasal]

	Valores medidos	Valores previstos	% previsto*
CVF (L)			
VEF <sub>1</sub> (L)			
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)			

\*Valores previstos: Pereira (2007)

### BIOIMPEDÂNCIA

Peso: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_

Resistência: \_\_\_\_\_ Reactância: \_\_\_\_\_

FAT: \_\_\_\_\_ Kg %FFM: \_\_\_\_\_ Kg %

TBW: \_\_\_\_\_ ICW: \_\_\_\_\_ ECW: \_\_\_\_\_ IMC:

Impedância: \_\_\_\_\_

Ângulo de fase: \_\_\_\_\_

BMR: \_\_\_\_\_

DEE: \_\_\_\_\_

VARIÁVEIS	PI <sub>máx</sub>	PE <sub>máx</sub>	Sniff
PMedMáx			
Pressão de pico			*
Pressão platô			
Variação do platô			
Tempo até o pico			
Área Total			
Tempo de manobra			

**ATIVIDADE FÍSICA: Sedentário:**  SIM  NÃO

MET: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_ Duração: \_\_\_\_\_ Intensidade: \_\_\_\_\_

Atividades: \_\_\_\_\_

## ANEXO A

### Aprovação do Comitê de Ética



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 0425.0.203.000-10

Interessado(a): **Profa. Verônica Franco Parreira**  
Departamento de Fisioterapia  
EEFFTO - UFMG

#### DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 13 de outubro de 2010, o projeto de pesquisa intitulado "**Valores de referência de pressões respiratórias máximas para a população brasileira**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

**Profa. Maria Teresa Marques Amaral**  
Coordenadora do COEP-UFMG

## ANEXO B

## Mini-exame do estado mental- MEEM

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

**Instruções:** Agora vou lhe fazer algumas perguntas que exigem atenção e um pouco de sua memória. Por favor, tente se concentrar para respondê-las.

ORIENTAÇÃO NO TEMPO		Certo	Errado
1. Que dia do mês é hoje?			
2. Em que mês estamos?			
3. Em que ano estamos?			
4. Em que dia da semana estamos?			
5. Que horas são agora aproximadamente? [ <b>correto:</b> variação de + ou - uma hora]			
ORIENTAÇÃO NO ESPAÇO			
6. Em que local nós estamos? [dormitório, sala, apontando para o chão, andar]			
7. Que local é este aqui? [num sentido mais amplo para a casa, prédio]			
8. Em que bairro nós estamos? [parte da cidade ou rua próxima]			
9. Em que cidade nós estamos?			
10. Em que estado nós estamos?			
<b>REGISTRO:</b> Agora, preste atenção. Eu vou dizer três palavras e o (a) Sr(a) vai repeti-las quando eu terminar. Memorize-as, pois eu vou perguntar por elas, novamente, dentro de alguns minutos. Certo? As palavras são: <b>CARRO</b> [pausa], <b>VASO</b> [pausa], <b>TIJOLO</b> [pausa] Agora repita as palavras pra mim [permita 5 tentativas, mas pontue apenas a primeira]			
	11. <b>CARRO</b>		
	12. <b>VASO</b>		
	13. <b>TIJOLO</b>		
ATENÇÃO E CÁLCULO: Agora eu gostaria que o(a) Sr(a) me dissesse quanto é:			
	14. <b>100 – 7</b>	1	
	15. <b>93 – 7</b>	2	
	16. <b>86 – 7</b>	3	
	17. <b>79 – 7</b>	4	
	18. <b>72 – 7</b>	{Fiz, 1992 93 /id}	
<b>MEMÓRIA DE EVOCÇÃO:</b> O (a) senhora (a) consegue se lembrar das 3 palavras que lhe pedi que repetisse agora há pouco? [Correto: única tentativa sem dicas; repetição das 3 palavras em qualquer ordem]			
	19. <b>CARRO</b>		
	20. <b>VASO</b>		
	21. <b>TIJOLO</b>		
LINGUAGEM: [Aponte o caneta e o relógio e pergunte: o que é isto?]			
	22. <b>CANETA</b>		
	23. <b>RELÓGIO</b>		

24. Preste atenção: vou lhe dizer uma frase e quero que repita depois de mim: <b>NEM AQUI, NEM ALI, NEM LÁ.</b> [Correto: repetição perfeita, sem dicas]		
Agora pegue este papel com a mão direita. Dobre-o ao meio e coloque-o no chão.		
25. <b>PEGAR COM A MÃO DIREITA</b>		
26. <b>DOBRAR AO MEIO</b>		
27. <b>JOGAR NO CHÃO</b>		
28. Vou lhe mostrar uma folha onde está escrita uma frase. Gostaria que <b>fizesse</b> o que está escrito. [FECHE OS OLHOS]		
29. Gostaria que o (a) senhor (a) escrevesse uma frase de sua escolha, qualquer uma, não precisa ser grande. [Se o idoso não compreender, ajude-o dizendo alguma frase que tenha começo, meio e fim, alguma coisa que aconteceu hoje ou alguma coisa que queira dizer]. Não são considerados para pontuação, erros gramaticais ou ortográficos.		
30. Vou lhe mostrar um desenho e gostaria que o senhor (a) copiasse, da melhor forma possível. [Considere como acerto apenas se houver 2 pentágonos interseccionados com 10 ângulos formando uma figura de 4 lados ou com 4 ângulos]		
<b>TOTAL</b>		

**Pontos de corte: analfabetos: 18/19; anos de estudo  $\geq$  1: 23/24**

**FRASE:**

---

**DESENHO:**

