

Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines

Equações de predição para a força muscular respiratória segundo diretrizes internacionais e brasileiras

Isabela M. B. S. Pessoa¹, Miguel Houri Neto², Dayane Montemezzo³,
Luisa A. M. Silva⁴, Armèle Dornelas De Andrade⁵, Verônica F. Parreira⁶

ABSTRACT | Background: The maximum static respiratory pressures, namely the maximum inspiratory pressure (MIP) and maximum expiratory pressure (MEP), reflect the strength of the respiratory muscles. These measures are simple, non-invasive, and have established diagnostic and prognostic value. This study is the first to examine the maximum respiratory pressures within the Brazilian population according to the recommendations proposed by the American Thoracic Society and European Respiratory Society (ATS/ERS) and the Brazilian Thoracic Association (SBPT). **Objective:** To establish reference equations, mean values, and lower limits of normality for MIP and MEP for each age group and sex, as recommended by the ATS/ERS and SBPT. **Method:** We recruited 134 Brazilians living in Belo Horizonte, MG, Brazil, aged 20-89 years, with a normal pulmonary function test and a body mass index within the normal range. We used a digital manometer that operationalized the variable maximum average pressure (MIP/MEP). At least five tests were performed for both MIP and MEP to take into account a possible learning effect. **Results:** We evaluated 74 women and 60 men. The equations were as follows: $MIP = 63.27 - 0.55(\text{age}) + 17.96(\text{gender}) + 0.58(\text{weight})$, r^2 of 34% and $MEP = -61.41 + 2.29(\text{age}) - 0.03(\text{age}^2) + 33.72(\text{gender}) + 1.40(\text{waist})$, r^2 of 49%. **Conclusion:** In clinical practice, these equations could be used to calculate the predicted values of MIP and MEP for the Brazilian population.

Keywords: maximum respiratory pressures; reference values; rehabilitation; physical therapy; MIP; MEP.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Pessoa IMBS, Houri Neto M, Montemezzo D, Silva LAM, Andrade AD, Parreira VF. Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. *Braz J Phys Ther.* 2014 Sept-Oct; 18(5):410-418. <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0044>

RESUMO | Contextualização: A medida das pressões respiratórias estáticas máximas (pressão inspiratória (PImáx) e pressão expiratória máxima (PEmáx)) refletem a força dos músculos respiratórios. Essas medidas são simples, não invasivas e têm valores diagnóstico e prognóstico estabelecidos. Este é o primeiro estudo que avaliou pressões respiratórias máximas com a população brasileira realizado de acordo com as recomendações propostas pela *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society* (ATS/ERS) e pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT). **Objetivo:** Estabelecer equações de referência, valores médios e limites inferiores de normalidade para a PImáx e a PEmáx para cada faixa etária e gênero, conforme as recomendações da ATS/ERS e da SBPT. **Método:** Foram recrutados 134 brasileiros residentes em Belo Horizonte, MG, Brazil, com idade entre 20-89 anos, com prova de função pulmonar e índice de massa corporal dentro da normalidade. Foi utilizado um manovacuômetro digital que operacionalizou a variável pressão média máxima. Para a PImáx e a PEmáx, foram realizadas, pelo menos, cinco manobras, considerando o efeito aprendizado. **Resultados:** Foram avaliados 74 mulheres e 60 homens. As equações propostas foram: $PImáx = 63,27 - 0,55(\text{idade}) + 17,96(\text{sexo}) + 0,58(\text{peso})$, $r^2 = 34\%$ e $PEmáx = -61,41 + 2,29(\text{idade}) - 0,03(\text{idade}^2) + 33,72(\text{sexo}) + 1,40(\text{cintura})$, $r^2 = 49\%$. **Conclusão:** As equações resultantes deste estudo poderão ser utilizadas na prática clínica para cálculo de valores preditos para PImáx e PEmáx na população brasileira.

Palavras-chave: pressão respiratória máxima; valores de referência; reabilitação; fisioterapia; PImáx; PEmáx.

¹Departamento de Fisioterapia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/Minas), Belo Horizonte, MG, Brasil

²Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

³Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

⁴Fisioterapeuta, Belo Horizonte, MG, Brasil

⁵Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil

⁶Departamento de Fisioterapia, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

Received: 09/12/2013 Revised: 03/12/2014 Accepted: 05/19/2014

● Introdução

A medida das pressões respiratórias estáticas máximas (PRM), pressões inspiratória e expiratória máximas (PImáx e PEMáx) refletem a força dos músculos respiratórios¹⁻³. Considerando a simplicidade dessas medidas, o caráter não invasivo e os valores diagnóstico e prognóstico, vários autores criaram valores de referência para populações de diversas etnias⁴⁻⁹.

Existe uma grande variabilidade interindivíduos nos valores das PRM. Características biológicas das populações, técnica de medida e equipamentos utilizados contribuem para essa variabilidade⁷⁻¹³. Em decorrência da variação dos valores das PRM e com o objetivo de padronizar os procedimentos de avaliação, a *American Thoracic Society, European Respiratory Society* (ATS/ERS)² e a Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT)³ publicaram diretrizes para testes dos músculos respiratórios, incluindo a realização da mensuração das PRM.

As recomendações internacionais e brasileiras recomendam o uso do bocal do tipo mergulhador; presença de orifício de fuga de aproximadamente 2 mm de diâmetro interno; realização do teste por um operador experiente, que estimule o sujeito a realizar um esforço inspiratório máximo contra uma via aérea ocluída e um esforço expiratório máximo contra uma via área ocluída perto/ou no volume residual (VR) e na capacidade pulmonar total (CPT), respectivamente; adoção da postura sentada; instrução anterior à manobra e encorajamento durante a manobra; 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 e registro da pressão média máxima (PMed_{MÁX}).

A ATS/ERS² ressalta a importância do uso do instrumento digital para garantir a validade das medidas, o qual fornece a medida da PMed_{MÁX} (média da pressão máxima sustentada por 1 segundo). As diretrizes internacionais² e brasileiras³ apresentam recomendações similares, embora haja pontos não concordantes, como o uso do clipe nasal (preconização da SBPT) e o número máximo de manobras. A SBPT³, além de recomendar o número máximo de cinco manobras, considera o efeito aprendido da medida, possibilitando a realização de mais manobras caso o último valor tenha sido o maior.

No Brasil, após a publicação das diretrizes, foram publicados dois estudos propondo valores de referência das PRM^{8,13}. Em nenhum dos dois

estudos, as recomendações metodológicas propostas pelas sociedades científicas foram atendidas em sua integralidade^{2,3}.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi estabelecer valores de referência para as PRM contemplando as recomendações propostas pela ATS/ERS² e pela SBPT³ em uma amostra de indivíduos adultos da população de Belo Horizonte, MG, Brasil.

● Método

Amostra

Foi realizado um cálculo amostral considerando o estudo de Simões et al.¹³. Para o cálculo, foi considerado o nível de significância estatística de 5%, poder de 90% e efeito estimado em 20%^{13,14}. O tamanho do efeito (d Cohen) utilizado foi baseado nos cálculos das diferenças entre as médias das PImáx e PEMáx em homens e mulheres, em cada faixa etária, apresentadas no estudo de Simões et al.¹³, tendo-se obtido o número amostral de 117 indivíduos. Posteriormente, a definição do número de indivíduos de cada gênero em cada faixa etária foi estimada para que a amostra fosse representativa, tendo por base análise do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - 2010 para a população de Belo Horizonte, MG, Brasil¹⁵.

A amostra não probabilística foi composta por voluntários de ambos os gêneros, selecionados da comunidade por convite pessoal, telefone ou comunicação eletrônica, e que atendessem a todos os critérios de inclusão do estudo. Os critérios de inclusão foram: adultos saudáveis entre 20 e 89 anos, com parâmetros espirométricos dentro dos limites preditos para a população brasileira¹⁶ e índice de massa corporal (IMC) dentro dos parâmetros de normalidade ($18,5 \text{ kg/m}^2 \leq \text{IMC} \leq 29,9 \text{ Kg/m}^2$)¹⁷. Os critérios de exclusão foram: história de tabagismo atual; exposição a ambiente ocupacional de risco; relato de história de doenças neuromusculares, respiratórias e/ou cardíacas; déficit cognitivo (participantes com idade acima de 60 anos); febre nas três semanas antecedentes e/ou gripe e/ou sinusite na semana anterior ao teste; uso de medicamentos, como corticoides orais, depressores do sistema nervoso central, barbitúricos e/ou relaxantes musculares; atividade física exaustiva nas 48 horas anteriores ao teste; ausência de elementos dentários; dor muscular limitante nos membros superiores; pressão arterial (PA) em repouso maior ou igual a 160/110 mmHg¹⁸ e/ou saturação periférica da hemoglobina em oxigênio (SpO₂) menor que 90% e/ou frequência cardíaca (FC)

maior que 85% da frequência cardíaca máxima antes da execução das manobras e incapacidade de compreender e/ou executar os procedimentos do protocolo de pesquisa. Para interrupção dos testes, observou-se relato de desconforto respiratório e/ou muscular durante a sua realização.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil (Protocolo CAAC 0425.0.203.000-10), e todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Instrumentos de medidas

Manovacuômetro digital

Para aferir as PRM, foi utilizado um manovacuômetro digital (NEPEB-LabCare/UFMG)^{19,20}, no qual as pressões são mensuradas por meio de transdutores de pressão, com intervalo operacional de 500 cmH₂O¹⁹. Foi utilizado bocal mergulhador, orifício de fuga de 2 mm de diâmetro e o clipe nasal para a mensuração das PRM^{2,3,21}. O manovacuômetro foi calibrado a cada seis meses, como estabelecido por Ferreira et al.¹⁹.

Espirômetro

Foram utilizados os espirômetros *Vitalograph* (*Vitalograph 2120, Ennis, Ireland*) e *Pony* (*Pony FX®*, *Cosmed, Roma, Italy*) e adotados os critérios de aceitação e reprodutibilidade segundo normas da SBPT²². Os dados espirométricos foram derivados da manobra de capacidade vital forçada (CVF) e interpretados de acordo com os valores preditos por Pereira et al.¹⁶.

Bioimpedância elétrica

Para a medida das massas magra e gorda, foi utilizado o equipamento *Quantum III BIA – 101Q RJL-101* (*Detroit, USA*), modelo tetrapolar, com apresentação digital, seguindo recomendações²³.

Balança mecânica, balança digital portátil e estadiômetro

Para mensuração do peso e estatura, foi utilizada uma balança analógica 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®*,

Alemanha), com resoluções de 100 g, e um estadiômetro (Altuxata, Belo Horizonte, Brasil) portátil, com resolução de 0,1 cm. Para avaliar a confiabilidade entre as medidas das balanças, o peso de dez voluntários foi aferido nas duas balanças de forma aleatória. Não se observou diferença significativa entre os dados obtidos em ambas as balanças (67,22±10,2 Kg *versus* 66,86±10,0 Kg; p=0,14; coeficiente de correlação intraclasse de 0,99). Esses dados foram utilizados para calcular o IMC.

Circunferência abdominal e relação cintura quadril

Foi utilizada uma fita métrica antropométrica (metragem) constituída por um material inelástico. Adotou-se a posição ortostática, com os braços ao lado do corpo, pés juntos e abdômen relaxado¹⁷. A mensuração da circunferência abdominal (cintura) foi realizada aplicando firmemente a fita métrica na região média entre a borda inferior da última costela e a borda superior da crista ilíaca¹⁷. A mensuração do quadril foi realizada aplicando firmemente a fita métrica na extensão posterior máxima dos glúteos¹⁷.

Aptidão física

Foi questionado o nível de atividade física e a ocupação profissional para classificar o indivíduo como ativo ou sedentário, segundo a recomendação do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM)²⁴: ativo (gasto calórico semanal acima de 450 MET/min/semana) ou sedentário (abaixo de 450 MET/min/semana), constatado pelo autorrelato²⁵.

Procedimentos

A avaliação inicial contemplou os seguintes aspectos: dados pessoais; verificação do peso, da estatura e das circunferências abdominal e do quadril; dados vitais - PA (estetoscópio, *Littman Classic, St. Paul, USA* e esfigmomanômetro, *Tycos, NY, USA*); FC, e SpO₂ (oxímetro de pulso, *Nonim, USA*) - assim como a aptidão física pelo autorrelato^{24,25}. Em seguida, nos voluntários idosos, foi aplicado o Miniexame de Estado Mental, considerando-se como ponto de corte para escolares 23/24²⁶. Na sequência, realizou-se a bioimpedância elétrica, após a qual foi oferecida ingesta alimentar padronizada aos voluntários.

Em seguida, realizou-se a prova de função pulmonar. Posteriormente, após repouso de, no mínimo, 10 minutos, os indivíduos realizaram a mensuração das PRM de forma aleatória (randomização eletrônica). Todo procedimento

foi realizado em uma única visita e por uma única avaliadora.

Para a realização das medidas das PRM ($P_{Med_{MÁX}}$), os indivíduos permaneceram na posição sentada, com pés e troncos apoiados, sendo realizadas instrução e demonstração previamente aos testes^{2,3}. Todas as medidas das PRM foram realizadas com o clipe nasal³. Para a medida da $P_{Máx}$, os participantes realizaram de dois a três ciclos respiratórios em nível da capacidade residual funcional (CRF), sendo, em seguida, solicitada uma expiração até o VR, com indicação desse momento pela elevação da própria mão do participante³. Nesse momento, o participante foi encorajado a gerar um esforço inspiratório máximo e, simultaneamente, o examinador procedeu ao fechamento do orifício de oclusão e executou comando verbal padronizado^{3,20}.

O mesmo procedimento foi realizado para a medida da $P_{Emáx}$, exceto pela instrução verbal final, que consistiu na solicitação de uma inspiração até a CPT, seguida pelo encorajamento de um esforço expiratório máximo^{2,3,20}. Para a medida da $P_{Emáx}$, a investigadora pressionou as bochechas dos voluntários para impedir escape aéreo².

O tempo mínimo de manobra foi de 1,5 segundo, para que a pressão máxima sustentada por 1 segundo pudesse ser observada². Todos os indivíduos realizaram, pelo menos, cinco manobras, com intervalo de 1 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, 1,5 segundo de duração)^{2,3} e, dentre essas, três reprodutíveis (uma com variação igual ou inferior a 10% e a outra com variação de, no máximo, 20% com a pressão de maior valor)^{2,3}. A maior medida não poderia ser a última, considerando o efeito aprendizado³. O maior valor da $P_{Med_{MÁX}}$ foi selecionado².

Redução dos dados

As PRM foram operacionalizadas usando o software *Manovac*, versão 4.1, por meio da variável $P_{Med_{MÁX}}$ ^{20,21,27}. Para a obtenção do limite inferior de normalidade (LIN), utiliza-se a fórmula $LIN = \text{valor previsto pela equação de regressão} - (1,645 \times \text{erro padrão da estimativa})^3$.

Análise estatística

Foi realizada uma estatística descritiva dos dados (médias e dispersões), e verificadas as propriedades de distribuição normal e homogeneidade de variância das variáveis pelos Testes de Lilliefors e Cochran

& Bartlett, respectivamente. Constatada a natureza das respostas, na condição de suas características paramétricas ou não, estabeleceu-se uma matriz de correlação (Pearson, Spearman e Kendall) das variáveis independentes (sexo, idade, altura, peso, IMC, circunferência abdominal, relação cintura-quadril e nível de atividade física) entre si e, dessas, com as respostas medidas ($P_{Máx}$, $P_{Emáx}$). Pelo sistema *stepwise backward*, foram desconsideradas as variáveis independentes não significativas ($p > 0,05$), observando-se a manutenção da capacidade de determinação (r^2) do modelo. Após a definição dos efeitos explicativos de cada modelo, eles foram testados para cada um dos seus efeitos quadráticos assim como para as suas possíveis interações. 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).

Resultados

Inicialmente, foram avaliados 164 indivíduos, dos quais 20 não foram incluídos por serem obesos (IMC acima de 30 Kg/m²) e dois por apresentarem baixo peso (IMC abaixo de 18,5 Kg/m²). Oito indivíduos foram excluídos por apresentarem distúrbios obstrutivos ou restritivos no teste de função pulmonar. A amostra final foi composta por 134 voluntários. Todos completaram o protocolo proposto. A média de idade foi de 47±18 anos para as mulheres e de 43±16 anos para os homens. A amostra final foi composta por 51% de mulheres sedentárias e de 39% de homens sedentários. O percentual de massa corporal foi avaliado em um subgrupo de indivíduos (n=64), verificando-se que os homens tinham uma média percentual de massa magra de 72,8±4,7 Kg e as mulheres de 64,4±5,0 Kg. Os participantes apresentaram os seguintes dados espirométricos: capacidade vital forçada (CVF): mulheres=94,1±10,9% do previsto e homens 92,5±10,0% do previsto; volume expiratório forçado no 1º segundo (VE_{F1}): mulheres=93,8±11,2% do previsto e homens=92,4±9,5% do previsto) e relação VE_{F1}/CVF (%): mulheres=81,5±5,7 e homens=81,6±4,7.

A Tabela 1 mostra as características antropométricas e demográficas dos voluntários distribuídos por gênero em cinco subgrupos etários.

A Tabela 2 apresenta os valores médios observados das PRM com os respectivos coeficientes de variação. Os valores médios para $P_{Máx}$ e $P_{Emáx}$ nas mulheres

foram, respectivamente, 24% e 33% mais baixos do que nos homens.

A Tabela 3 apresenta as equações de predição para as PRM. Foram consideradas as seguintes variáveis em cada equação de regressão para a PImáx: idade ($p < 0,0001$), sexo ($p = 0,0047$) e peso ($p = 0,0245$), explicando 34% da variação da PImáx, e, para a PE máx: sexo ($p = 0,0004$), idade² ($p = 0,0071$), idade

($p = 0,0516$), circunferência abdominal ($p = 0,0125$), explicando 49% da variação da PE máx.

• Discussão

Dentro do nosso conhecimento, esse foi o primeiro estudo brasileiro a estabelecer valores de referência para as PRM pautado nas recomendações

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
Mulheres										
20-29	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%
30-39	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%
40-49	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%
50-59	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%
>60	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%
Total	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%
Homens										
20-29	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%
30-39	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%
40-49	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%
50-59	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%
>60	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%
Total	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 obtidos para cada subgrupo com o coeficiente de variação total.

Idades (anos)	MULHERES (N=74)		HOMENS (N=60)	
	PImáx (cmH ₂ O)	PE máx (cmH ₂ O)	PImáx (cmH ₂ O)	PE máx (cmH ₂ O)
20-29	99,4 (20,7)	114,2 (23,1)	126,1 (21,7)	144,5 (20,5)
30-39	99,0 (6,4)	121,8 (33,0)	126,1 (32,9)	178,7 (38,4)
40-49	97,9 (26,5)	121,9 (34,1)	132,6 (31,3)	163,5 (39,0)
50-59	87,7 (24,0)	119,4 (35,3)	118,9 (50,9)	212,9 (21,2)
>60	74,8 (16,4)	91,8 (29,6)	98,5 (12,6)	155,4 (50,5)
Total	91,1 (26,1)	112,1 (32,2)	121,3 (30,7)	167,4 (40,12)
CV (%)	29	29	25	24

Dados apresentados como média e desvio padrão. N=número de sujeitos; PImáx=pressão inspiratória máxima; PE máx=pressão expiratória máxima; CV=coeficiente de variação.

Tabela 3. Equações de predição para as pressões respiratórias máximas.

EQUAÇÕES PREDITIVAS	r ²	EPE
PImáx (cmH ₂ O)= 63,27-0,55 (idade)+17,96 (sexo)+0,58 (peso)	34	26,3
PE máx (cmH ₂ O)= -61,41+2,29 (idade)-0,03 (idade ²)+33,72 (sexo)+1,40 (cintura)	49	32,8

PImáx=pressão inspiratória máxima; PE máx=pressão expiratória máxima; cintura=circunferência abdominal em cm; peso em Kg; r²=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 cálculo do limite inferior de normalidade: média-(1,645 X erro padrão da estimativa). Para cálculo do limite superior de normalidade: média+(1,645 X erro padrão da estimativa).

metodológicas propostas pela ATS/ERS² e pela SBPT³ que utilizou equipamento digital, o qual fornece medidas válidas com alto poder de precisão.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de construir equações de predição para as PRM em uma amostra da população adulta de Belo Horizonte, MG, Brasil seguindo as recomendações metodológicas da ATS/ERS² e da SBPT³. A problemática sobre a existência de diversos valores de referência para as medidas de P_{Máx} foi comprovada em uma revisão sistemática publicada recentemente²⁸, na qual se verificou a baixa qualidade metodológica dos artigos, contribuindo para a compreensão da dificuldade na pesquisa e, principalmente, na clínica, em escolher uma equação de predição adequada.

Um dos motivos para a variabilidade dos valores das PRM é a falta de padronização metodológica entre os estudos. Após a publicação da ATS/ERS² sobre as recomendações metodológicas para os testes das PRM, foram publicados dois estudos brasileiros^{8,13} que não atenderam integralmente às referidas recomendações, sendo a principal delas o não uso de um instrumento digital que possibilita a operacionalização da P_{Med}_{MÁX}. Sabe-se que medidas válidas propiciam interpretações corretas dos índices de força muscular respiratória, os quais são essenciais para o diagnóstico de fraqueza muscular respiratória. Todos os estudos brasileiros usaram um manovacuômetro analógico, comprometendo a precisão das medidas. Por isso, o presente estudo tem como vantagem/ineditismo a construção de equações de predição das PRM criadas a partir de um manovacuômetro digital.

É uma premissa em estudos sobre valores de referência que a amostra deve ser saudável e representativa da população de onde o estudo foi realizado. Essa definição foi desconsiderada em alguns estudos^{8,13} devido à ausência do relato do teste de função pulmonar⁸ e pelo fato de a amostra ser constituída em sua totalidade por indivíduos sedentários¹³. Diferentemente de todos os estudos sobre valores de referência, o presente estudo teve o cuidado adicional de aplicar o Minixame do Estado Mental em indivíduos idosos (acima de 60 anos) para constatar a ausência de déficit cognitivo, uma vez que o teste é volitivo e passível dos efeitos de compreensão, colaboração e coordenação do indivíduo².

Além da falta de padronização do procedimento, a variabilidade nos valores de referência também é explicada pela influência de fatores individuais (biológicos) inerentes à amostra do estudo²⁹. No presente estudo, constatou-se que os valores médios

das PRM, quando analisados por sexo, apresentaram uma variação importante entre sujeitos da mesma faixa etária, (26 a 37% da P_{Máx}, Tabela 2). Um alto coeficiente de variação também foi reportado no estudo de Hautmann et al.⁷ e Enright et al.³⁰ (25 a 27% e 32 a 39%, respectivamente). Tais variações podem ser atribuídas ao grau de motivação e cooperação do voluntário⁵; ao valor da pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório⁵; à coordenação durante o teste¹⁰ e ao grau de ativação individual da musculatura em teste¹⁰; às diferenças intrínsecas da musculatura individual⁷, como velocidade de contração muscular¹; assim como aos fatores genéticos e ambientais⁵.

Foram observados valores surpreendentemente elevados para a P_{Emáx} nos homens de 50 a 59 anos quando comparados aos das faixas etárias anteriores. É importante enfatizar que havia um número expressivo de indivíduos ativos e motivados com a realização do teste nessa faixa etária. Esses indivíduos preencheram todos os critérios de inclusão, não havendo justificativa para a sua exclusão da análise.

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, evidenciada pelos baixos coeficientes de determinação. Não há um consenso sobre a influência de determinados fatores individuais (altura, peso, idade) nas PRM de homens e mulheres. A altura tem sido um preditor positivo³¹, negativo^{9,32} ou não preditor da P_{Máx} nas mulheres^{8,12,13} e um preditor negativo em homens⁶.

Há um consenso de que o sexo é o melhor preditor das PRM^{4,7,8,10,11}. Os valores para a P_{Máx} e a P_{Emáx} foram, em média, 24% e 33% maiores nos homens quando comparados às mulheres, o que condiz com o estudo de Simões et al.¹³. Alguns autores afirmam que os músculos respiratórios comportam-se como músculos esqueléticos^{10,12,30,33}, portanto a força é proporcional à área seccional do músculo³⁴. No presente estudo, realizou-se uma análise da composição corporal em 64 indivíduos de ambos os sexos e verificou-se que o percentual médio de massa magra (músculos) foi superior nos homens, sendo uma possível explicação para as diferenças das PRM entre os sexos.

Os resultados deste estudo mostraram que a idade influenciou significativamente as PRM, sendo um preditor negativo, resultados esses condizentes com os três estudos brasileiros^{8,12,13}. O efeito da idade sobre as PRM em ambos os sexos ainda é questionável^{4,5,11,35}, embora a maioria dos estudos reporte uma diminuição das PRM com o avanço da idade em ambos os sexos,

principalmente para a PImáx^{7,8,10-13}. O ponto de corte para o declínio da PImáx difere entre estudos, variando de 30¹⁰ a 65⁷ 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 et al.³⁶, 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^{4,35}. Uma possível explicação para a PImáx diminuir com o avanço da idade é o processo de envelhecimento, com um aumento do VR e uma diminuição da capacidade inspiratória³⁷.

A PEMáx apresentou uma relação quadrática com a idade. Esse achado está de acordo com estudos prévios^{10,38}. Possíveis explicações para a diminuição da PEMáx são a perda de recolhimento elástico da caixa torácica, a presença de calcificações nas articulações 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 CPT³⁷. 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^{10,30}.

O peso foi um preditor positivo para a PImáx, em acordo com estudos prévios^{9,30,32,39}, destacando-se o estudo de Simões et al.¹³. Não há um consenso em relação à variação das PRM em virtude do ganho de peso^{10,13}. Tanto a função pulmonar quanto a força dos músculos respiratórios melhoram com o aumento pequeno do peso corporal, o chamado “efeito muscularidade”, já que há uma teoria que relaciona o peso e o comprimento isométrico de diferentes grupos musculares⁴⁰. 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 a um percentual maior de massa magra da musculatura respiratória.

A circunferência abdominal foi preditora positiva da PEMáx. Esse é o primeiro estudo em que essa variável foi contemplada no modelo para a PEMáx. Os voluntários do presente estudo não eram obesos e apresentaram valores médios de normalidade para a circunferência abdominal. É possível que a correlação positiva com a PEMáx deva-se à maior massa muscular abdominal. Hipotetiza-se a existência de um ponto de corte para o declínio da PEMáx semelhante ao comportamento da PImáx quando ela é correlacionada com a circunferência abdominal (a partir de 95 a 105 cm de circunferência abdominal ocorre declínio da PImáx, segundo Carpenter et al.²⁹).

Estudos futuros, com uma amostra que apresente valores aumentados de circunferência, poderão investigar, de maneira mais aprofundada, essa hipótese para estabelecer o tipo do modelo preditivo existente entre a circunferência abdominal e a PEMáx, explicando, assim, a influência da gordura visceral na força dos músculos abdominais.

Aponta-se como limitação deste estudo o número amostral baixo nos diferentes subgrupos etários, em especial, o acima de 70 anos. O número amostral afeta diretamente a acurácia de predição da equação⁴¹. No entanto, foi contemplada a representatividade da amostra pelo alcance do número de indivíduos por sexo e faixa etária segundo os dados do IBGE para a população de Belo Horizonte, MG, Brasil.

Concluindo, este estudo brasileiro, realizado com uma amostra da população mineira (Belo Horizonte, MG, Brasil), fornece equações, médias e desvio padrão por faixa etária, assim como as fórmulas para o cálculo dos limites inferiores e superiores de normalidade, inovando por ter seguido, de forma rigorosa, a metodologia proposta pelas normas internacionais e brasileiras, destacando-se a utilização de um manovacuômetro digital a fim de garantir a validade das medidas mensuradas.

● Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil, Processo 309494/2013-3), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Brasil, PPM-00374-12) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil, PROCAD NF 779/2010), pelo apoio financeiro.

● Referências

1. Nava S, Ambrosino N, Crotti P, Fracchia C, Rampulla C. Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. *Thorax*. 1993;48(7):702-7. <http://dx.doi.org/10.1136/thx.48.7.702>. PMID:8153917
2. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(4):518-624. <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>. PMID:12186831
3. Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Pneumol*. 2002;28(Supl 3):S155-65.
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. PMID:5772056.
5. 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(3):790-3. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm/146.3.790>. PMID:1519865
6. Johan A, Chan CC, Chia HP, Chan OY, Wang YT. Maximal respiratory pressures in adult Chinese, Malays and Indians. *Eur Respir J*. 1997;10(12):2825-8. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.97.10122825>. PMID:9493668
 7. 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. <http://dx.doi.org/10.1053/rmed.2000.0802>. PMID:10926341
 8. Costa D, Gonçalves 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132010000300007>. PMID:20625667
 9. 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. <http://dx.doi.org/10.4103/0970-2113.85684>. PMID:22084536
 10. 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. PMID:3450325.
 11. McConnell AK, Copestake AJ. Maximum static respiratory pressures in healthy elderly men and women: issues of reproducibility and interpretation. *Respiration*. 1999;66(3):251-8. <http://dx.doi.org/10.1159/000029386>. PMID:10364742
 12. 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. PMID:10412550.
 13. Simões RP, Deus AP, Auad MA, Dionísio J, Mazzonetto M, Borghi-Silva A. Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central São Paulo State. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(1):60-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552010000100010>. PMID:20414563
 14. Gordis L. *Epidemiology*. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier Science; 2004.
 15. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sinopse e resultados do Censo 2010. IBGE; 2012. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/default.php?cod1=31&cod2=3>
 16. 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132007000400008>. PMID:17982531
 17. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e Síndrome Metabólica - ABESO. *Diretrizes brasileiras de obesidade*. 3ª ed. São Paulo: AC Farmacêutica; 2009.
 18. Sociedade Brasileira de Cardiologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol*. 2010;95(1, Supl 1):1-51.
 19. Ferreira JL, Pereira NC, Oliveira Júnior M, Vasconcelos FH, Parreira VF, Tierra-Criollo CJ. Maximum respiratory pressure measuring system: calibration and evaluation of uncertainty. *Control Autom*. 2010;21(6):588-97.
 20. 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. <http://dx.doi.org/10.4187/respcare.01078>. PMID:22005049
 21. Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care*. 2009;54(10):1348-59. PMID:19796415.
 22. Pereira CAC. Espirometria. In: Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. *Diretrizes para testes de função pulmonar*. *J Pneumol*. 2002;28(Supl 3):S1-82.
 23. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al, and the Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004;23(5):1226-43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>. PMID:15380917
 24. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, 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*. 2007;39(8):1423-34. <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616b27>. PMID:17762377
 25. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(9, Suppl):S498-504. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200009001-00009>. PMID:10993420
 26. Brucki SM, Nitrini R, Caramelli P, Bertolucci PH, Okamoto IH. [Suggestions for utilization of the minimal state examination in Brazil]. *Arq Neuropsiquiatr*. 2003;61(3B):777-81. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2003000500014>. PMID:14595482
 27. Hamnegård 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. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.94.07020398>. PMID:8162993
 28. Sclauser Pessoa IMB, Franco Parreira V, Fregonezi GAF, Sheel AW, Chung F, Reid WD. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Can Respir J*. 2014;21(1):43-50. PMID:24137574.
 29. 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. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.159.2.9708076>. PMID:9927352
 30. 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. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.149.2.8306041>. PMID:8306041
 31. 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. <http://dx.doi.org/10.1136/thx.39.7.535>. PMID:6463933
 32. Harik-Khan RI, Wise RA, Fozard JL; The Baltimore Longitudinal Study of Aging. Determinants of maximal inspiratory pressure. *Am J Respir Crit Care Med*.

- 1998;158(5 Pt 1):1459-64. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.158.5.9712006>. PMID:9817693
33. Wilmore JH. Alterations in strength, body composition and anthropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. *Med Sci Sports*. 1974;6(2):133-8. PMID:4461973.
34. 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*. 1968;26(1):26-32. PMID:5700894.
35. 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(1):277-81. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm/139.1.277>. PMID:2912349
36. Camelo JS, Filho JT, Manco JC. Pressões respiratórias máximas em adultos normais. *J Pneumol*. 1985;11(4):181-4.
37. Pride NB. Ageing and changes in lung mechanics. *Eur Respir J*. 2005;26(4):563-5. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.05.00079805>. PMID:16204583
38. 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. PMID:4283858.
39. 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(3):663-9. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.108.3.663>. PMID:7656613
40. Schoenberg JB, Beck GJ, Bouhuys A. Growth and decay of pulmonary function in healthy blacks and whites. *Respir Physiol*. 1978;33(3):367-93. [http://dx.doi.org/10.1016/0034-5687\(78\)90063-4](http://dx.doi.org/10.1016/0034-5687(78)90063-4). PMID:705072
41. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: applications to practice*. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall Health; 2000.

Correspondence

Verônica Franco Parreira

Universidade Federal de Minas Gerais, EEEFTO

Departamento de Fisioterapia

Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha

CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil

e-mail: veronicaparreira@yahoo.com.br; [veronica.parreira@](mailto:veronica.parreira@pesquisador.cnpq.br)

pesquisador.cnpq.br