

## MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS: FISIOLOGIA, AVALIAÇÃO E PROTOCOLOS DE TREINAMENTO

SILVA, Karolyna Nunes e<sup>1</sup>  
MARTINS, Nayara Corrêa <sup>1</sup>  
SILVEIRA, Janne Marques <sup>2</sup>  
REIS, Geovane Rossone <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Acadêmicas do 10º período do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário UnirG.

<sup>2</sup> Professora Adjunta Nível 1 dos Cursos de Medicina e Fisioterapia do Centro Universitário UnirG.

<sup>3</sup> Professor Assistente Nível 1 do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário UnirG.

---

### RESUMO

Para que se tenha uma respiração eficaz é necessário que o sistema respiratório esteja com suas funções preservadas. Em 1969 Black e Hyatt desenvolveram um método simples de avaliar a força dos músculos respiratórios através de medidas de pressões respiratórias máximas com um manovacuômetro graduado em cmH<sub>2</sub>O, técnica que é usada até hoje pelos fisioterapeutas, além de proporem equações preditivas para os valores de P<sub>l</sub>máx e P<sub>E</sub>máx. A manovacuometria deve ser feita antes de se iniciar qualquer treinamento respiratório permitindo quantificar o aumento da força muscular obtida nos exercícios. O treinamento muscular é uma intervenção que vem sendo adotada para melhorar a força e resistência à fadiga dos músculos inspiratórios em pacientes com alteração da função respiratória e cardíaca. O método mais utilizado para o treino da musculatura respiratória é o *Threshold®*. Vários protocolos podem ser utilizados para diferentes patologias. Há muitas divergências sobre a carga ideal que deve ser utilizada para o benefício do tratamento, portanto, faz-se necessária uma revisão de pesquisas de resultaram em melhores resultados visando à eficiência na abordagem. Este estudo é uma revisão de literatura realizada no período de janeiro a julho de 2011. Foram consultados artigos científicos nos bancos de dados da Bireme e Scielo, através das fontes Lilacs e Medline, utilizando os seguintes descritores: avaliação dos músculos respiratórios, protocolos de treinamento da musculatura respiratória. Através dele, demonstrou-se a necessidade da mensuração da força dos músculos respiratórios e da aplicação dos protocolos de treinamento adequados quando necessário.

**Palavras-chave:** Avaliação. Força muscular. Treinamento. Músculos respiratórios.

---

### ABSTRACT

In order to have effective breathing it is necessary that the respiratory system present with normal functioning. In 1969, Black and Hyatt, developed a simple yet effective method to assess the strength of the respiratory muscles using measures of maximal respiratory pressures using manual vacuum meter graduated in cmH<sub>2</sub>O, a technique which is used until today by most physical therapists, who also proposed the use of predictive equations so as to obtain scores for the P<sub>l</sub>max and P<sub>E</sub>max. Manual vacuum meter should be carried out before initiating any respiratory training, allowing to quantify the increase in muscle force obtained during exercises. Muscular training is an intervention increasingly used to improve force and fatigue resistance of the inspiration muscles in patients presenting with clinical changes of both cardiac and respiratory function. The mostly used method to train the respiratory musculature is the *Threshold<sup>®</sup>*. A number of methods can be used for different disorders. There are many controversies about the ideal force which can be used to enhance treatment. Thus, it is

mandatory to review investigations which have showed better results attempting to make the method more effective. This study is a review of the literature carried out during January and July 2011. Scientific papers using Scielo, Bireme, Lilacs and Medline databases were used based on the descriptors: Assessment of respiratory muscles, training methods for the respiratory musculature. Data showed the need to measure the force of the respiratory muscles and to apply proper training methods when necessary.

**Keywords:** Muscle strength assessment. Training. Respiratory muscles.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema respiratório é constituído pelos pulmões, órgão responsável pelas trocas gasosas, e pela parede torácica e abdominal responsáveis pela mecânica respiratória. Tem como função primária deslocar a parede torácica impulsionando o ar para dentro e para fora dos pulmões, auxiliando assim na manutenção da troca gasosa (FELTRIM; JARDIM, 1995).

A respiração é um processo mecânico, automático, rítmico e regulado pelo sistema nervoso central. É a contração e o relaxamento dos músculos diafragma, abdominais e o movimento da caixa torácica e do abdômen que provocam o deslocamento do ar para dentro e para fora das unidades terminais respiratórias do pulmão (BERNE et al., 2000).

O diafragma é o principal músculo da inspiração. É suprido pelos nervos frênicos a partir dos segmentos cervicais 3, 4 e 5 e constituído por fibras estriadas, com características próprias por ter maior constituição de fibras vermelhas ou oxidativas e, assim, mais resistentes à fadiga. Portanto, com um padrão de distribuição diferente dos demais músculos esqueléticos do corpo (SAAD et al., 2002; WEST, 2002).

Como a expiração é um processo passivo, os músculos possuem ação expiratória somente quando o ciclo expiratório for ativo, como durante o exercício físico, ou quando ocorrem doenças respiratórias, contribuindo para tal os músculos intercostais internos, porção interóssea, os abdominais e outros músculos da cintura escapular (FELTRIM; JARDIM, 1995; DANGELO; FATTINI, 2004).

Para que se tenha uma respiração eficaz é necessário que o sistema respiratório esteja com todas as suas funções preservadas. Para isso, é primordial que a musculatura respiratória esteja funcionando normalmente, uma vez que o seu comprometimento pode levar à hipoventilação, redução na tolerância ao exercício e, em casos extremos, à insuficiência respiratória.

Diversas são as metodologias empregadas para o fortalecimento da musculatura respiratória, porém não existem diretrizes específicas que visem protocolar a atuação nesse processo do tratamento. Este trabalho objetiva demonstrar as formas de abordagem, em diversas situações, que obtiveram melhores resultados.

## 2 METODOLOGIA

O estudo é uma revisão de literatura realizada no período de janeiro a julho de 2011. Foram consultados artigos científicos nos bancos de dados da Bireme e Scielo, através das fontes Lilacs e Medline. A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias manovacuômetro, pressões respiratórias, fisiologia do sistema respiratório, *Threshold*®, equações preditivas para valores de P<sub>Imáx</sub> e P<sub>Emáx</sub>, em português e inglês. Foram selecionados quarenta e seis artigos referentes ao assunto.

### 3 AVALIAÇÃO DOS MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS

#### 3.1 DETERMINAÇÃO DAS PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS

A força dos músculos respiratórios depende da relação comprimento-tensão, força-velocidade, força-frequência e integridade contrátil, sendo que o comprimento do músculo e sua força contrátil dependem do volume pulmonar e de sua posição para a contração (AZEREDO, 2002).

Para Leal et al. (2007) a força muscular respiratória sofre influência de vários fatores como sexo, idade, peso, altura e tabagismo.

Em 1969, Black & Hyatt sugeriram um método simples de avaliá-la através das medidas de pressões respiratórias máximas com um manômetro/manovacuômetro graduado em  $\text{cmH}_2\text{O}$ . O aparelho é considerado um instrumento clássico para se medir as pressões respiratórias estáticas máximas ao nível da boca. É um tubo cilíndrico rígido, cuja extremidade distal é fechada, exceto por apresentar um orifício com 1 a 2 mm de diâmetro. A extremidade proximal é aberta e nela se encaixa uma peça bucal; através desta, o indivíduo em teste realiza esforços inspiratórios ou expiratórios máximos (SOUZA, 2002; COSTA et al., 2010; SILVEIRA et al., 2010).

Consideraram como uma medida quantitativa da função e da força dos músculos respiratórios. Desde então tem sido, universalmente, utilizado para determinação das pressões respiratórias estáticas máximas geradas ao nível da boca pela contração muscular e representadas pela pressão inspiratória máxima ( $P_{\text{Imáx}}$ ) e pressão expiratória máxima ( $P_{\text{Emáx}}$ ) que apresentam valores negativos e positivos, respectivamente (LIMA, 2007; GASTALDI et al., 2009; COSTA et al., 2010).

A manovacuetria deve ser feita antes de se iniciar qualquer treinamento muscular respiratório, permitindo quantificar o aumento da força muscular obtida pelos exercícios respiratórios. Seu uso permite definir um protocolo de treinamento eficaz para o paciente, sem que haja esforços desnecessários por parte dos músculos da respiração (FELTRIM; JARDIM, 1995; PARREIRA et al., 2007), embora Onaga, et al. (2010) tenham constatado que a utilização da própria manovacuetria pode ser utilizada para o fortalecimento da musculatura respiratória por gerar resistência à respiração espontânea do paciente.

A literatura também evidencia que deve haver um intervalo de descanso de dois minutos entre as medidas no intuito de impedir que o cansaço do paciente modifique os resultados, ocasionados por uma possível fadiga da musculatura respiratória. O valor máximo da medida será considerado aquele que mantiver o tempo de 2 segundos de sustentação (SOUZA, 2002; COSTA et al., 2010; SILVEIRA et al., 2010).

Para uma boa avaliação de medidas de  $P_{\text{Imáx}}$  e  $P_{\text{Emáx}}$  é necessário que além da mensuração da força dos músculos respiratórios seja realizada também a medida do volume pulmonar e do correspondente valor da pressão de retração elástica do sistema respiratório (SOUZA, 2002; PARREIRA et al., 2007).

A  $P_{\text{Imáx}}$  gerada na boca é obtida durante esforço máximo contra a via aérea ocluída. É medida a partir da posição de expiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões está no volume residual (VR), porém também pode ser medida a partir do final de uma expiração calma, quando o gás contido nos pulmões é a capacidade residual funcional (CRF). Já a  $P_{\text{Emáx}}$  é medida a partir da posição de uma inspiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões está no nível da capacidade pulmonar total (CPT) onde todos os músculos expiratórios estão no seu comprimento ideal, mas também pode ser medida a partir do final de uma expiração calma (SOUZA, 2002). Portanto, a literatura sugere que a forma mais utilizada para a

determinação da  $Pl_{m\acute{a}x}$  é a partir do VR, enquanto que a  $PE_{m\acute{a}x}$  seja a partir da CPT (BRUNETTO; ALVES, 2003; SIMÕES et al., 2010).

Esse método de avaliação da força muscular respiratória é bastante comum, não-invasivo e deve ser utilizado pelo fisioterapeuta durante a avaliação funcional desses músculos. É de fácil execução, acessível e que depende da colaboração do paciente. Tem importância diagnóstica e prognóstica em doenças neuromusculares, pulmonares e cardiovasculares, no pós-cirúrgico de tórax e abdômen e capacidade de tosse (FELTRIM; JARDIM, 1995; BRUNETTO; ALVES, 2003; ALMEIDA, et al., 2008).

A avaliação da função muscular a partir da  $Pl_{m\acute{a}x}$  e  $PE_{m\acute{a}x}$  se faz importante para determinar protocolos adequados de treinamento dos músculos respiratórios e assim, promover a recuperação da força e aumentar a resistência à fadiga desses músculos, conhecida como *endurance* em pacientes com doenças neuromusculares, cardíacas e respiratórias, no pós-operatório de cirurgias torácica e abdominal (OLIVEIRA et al., 2008; CAMARGO, 2009).

Em pacientes nas unidades de terapia intensiva (UTI) permite o diagnóstico e prognóstico de insuficiência respiratória por falência muscular. O diagnóstico precoce da fraqueza dos músculos respiratórios nesses pacientes auxilia na avaliação da mecânica respiratória e na indicação de intubação, desmame do ventilador e extubação de pacientes (GIACOMETI et al., 2006). De acordo com Brunetto et al. (2003) permite, também, avaliar a evolução do tratamento fisioterapêutico e a qualidade dos exercícios a que esses pacientes estão sendo submetidos.

### 3.2 EQUAÇÕES PREDITIVAS

Diversos autores já propuseram tanto equações preditivas como valores para  $Pl_{m\acute{a}x}$  e  $PE_{m\acute{a}x}$ .

Black e Hyatt (1969) avaliaram a  $Pl_{m\acute{a}x}$  e  $PE_{m\acute{a}x}$  em 120 pessoas, sendo 60 homens e 60 mulheres na faixa etária de 20 - 74 anos e observaram uma redução desses valores em ambos os sexos a partir dos 55 anos de idade, cujos valores de  $Pl_{m\acute{a}x}$  foram de  $124 \pm 22 \text{ cmH}_2\text{O}$  e  $PE_{m\acute{a}x}$  de  $233 \pm 42 \text{ cmH}_2\text{O}$  para os homens, e a  $Pl_{m\acute{a}x}$  foram de  $87 \pm 16 \text{ cmH}_2\text{O}$  e  $PE_{m\acute{a}x}$  de  $152 \pm 27 \text{ cmH}_2\text{O}$  para as mulheres. A sua população-alvo foi norte americana, cujas características antropométricas se diferenciam da população brasileira onde é elevado o índice de miscigenação, bem como de caracteres físicos-regionais próprios (PANIZZI et al., 2004).

De acordo com Azeredo (2002) os valores de  $Pl_{m\acute{a}x}$  para um adulto jovem varia de - 90 a -102  $\text{cmH}_2\text{O}$ , enquanto a  $PE_{m\acute{a}x}$  pode variar de +100 a +150  $\text{cmH}_2\text{O}$ .

Camelo Jr. et al. (1985) foram os primeiros autores a demonstrarem os valores de  $Pl_{m\acute{a}x}$  e  $PE_{m\acute{a}x}$  para a população brasileira adulta, cujos valores para a  $PE_{m\acute{a}x}$  são de  $249 \pm 33 \text{ cmH}_2\text{O}$  para os homens e de  $155 \pm 35 \text{ cmH}_2\text{O}$  para as mulheres. Os valores de  $Pl_{m\acute{a}x}$  são  $131 \pm 28 \text{ cmH}_2\text{O}$  para os homens e  $95 \pm 28 \text{ cmH}_2\text{O}$  para as mulheres, considerados, portanto, valores aproximados àqueles obtidos por Black e Hyatt em 1969.

Para caracterizar ainda mais os valores preditivos para a população brasileira, Neder et al. (1999) propuseram equações preditivas e valores de referência onde a  $Pl_{m\acute{a}x}$  deve ser em média de -100  $\text{cmH}_2\text{O}$  e os valores de  $PE_{m\acute{a}x}$  em média de + 110  $\text{cmH}_2\text{O}$  para ambos os sexos.

As equações sugeridas pelos autores acima são específicas para o gênero, sendo as seguintes para mulheres:  $Pl_{m\acute{a}x} = -0,49 (\text{idade}) + 110,4$  e  $PE_{m\acute{a}x} = -0,61 (\text{idade}) + 115,6$ . Para os homens as equações são:  $Pl_{m\acute{a}x} = -0,80 (\text{idade}) + 155,3$  e  $PE_{m\acute{a}x} = -0,81 (\text{idade}) + 165,3$ .

Parreira et al. (2007) concluíram em seus estudos que as equações propostas por Neder et al. (1999) não eram capazes de predizer os valores de PImáx e PEmáx na população-alvo, pois houve diferenças estatisticamente significantes entre alguns dos valores esperados através das equações e aqueles encontrados durante a realização dos testes. O mesmo foi constatado por Costa et al. (2010) e, por isso, ambos os autores acima propuseram novas equações.

Dessa forma, as equações propostas por Costa et al. (2010) foram as seguintes para as mulheres:  $PImáx = -0,46 \times idade + 74,25$  e  $PEmáx = -0,68 \times idade + 119,35$ . Para os homens as equações foram:  $PImáx = -1,24 \times idade + 232,37$  e  $PEmáx = -1,26 \times idade + 183,31$ , embora os autores puderam observar que essas equações propostas seriam melhor ajustadas para PImáx em homens a partir dos trinta anos de idade e em mulheres com idade entre setenta e oitenta anos.

Como fator preditivo para desmame de prótese ventilatória nas unidades de terapia intensiva, um valor de PImáx que alcance  $-30 \text{ cmH}_2\text{O}$  pode garantir sucesso no processo de interrupção da ventilação mecânica (GOLDWASSER et al., 2007).

Das diversas variáveis que interferem nas medidas da força muscular respiratória como gênero, peso, altura e IMC, a idade apresentou-se como a melhor variável de poder preditivo para as pressões respiratórias máximas (NEDER et al., 1999).

#### 4 TREINAMENTO DA MUSCULATURA RESPIRATÓRIA

As medidas de PImáx e PEmáx permitem que o fisioterapeuta elabore um protocolo específico para treinamento dos músculos respiratórios que tem por objetivo melhorar a mecânica respiratória, concomitantemente, com a força muscular respiratória. O aumento da força desses músculos promove diminuição significativa da sensação de dispnéia, previne a fadiga dos músculos respiratórios, além de aumentar a capacidade de tosse e prevenir as infecções respiratórias (DETERMINAÇÃO DAS PRESSÕES INSPIRATÓRIAS E EXPIRATÓRIAS MÁXIMAS (PIMÁX E PEMÁX), 2010).

De acordo com Galvan e Cataneo (2007) o treinamento da musculatura respiratória aumenta os valores de PImáx e PEmáx melhorando a força dos músculos respiratórios.

Com o objetivo de determinar a carga a ser utilizada durante o tratamento é necessário avaliar a força através de um manovacuômetro a PImáx e PEmáx e trabalhar com valores entre 30 e 50% da força muscular inspiratória e expiratória máxima do indivíduo. O treinamento deve ser feito, em média, durante 30 minutos diários em indivíduos com estabilidade clínica, sendo esse tempo limitado em pacientes críticos ou em fadiga muscular respiratória importante (BIANCHI et al., 2009).

O treinamento da musculatura respiratória tem como função habilitar músculos específicos a realizarem com maior facilidade a função para qual são destinados, objetivando tanto força muscular quanto *endurance*. Sendo assim, é necessário que esses músculos apresentem mínimas condições fisiológicas como a integridade da condução nervosa e circulação adequada (SOUZA et al., 2008).

O treinamento muscular inspiratório é uma intervenção que vem sendo adotada para melhorar a força e a resistência à fadiga dos músculos inspiratórios em pacientes com alteração da função respiratória e cardíaca (CHIAPPA, 2003).

Pode ser realizado por meio de respiração contra-resistida com dispositivos de carga alinear ou linear. Sendo assim, o método mais utilizado é o *Threshold@IMT* que é considerado uma carga linear pressórica para o treinamento específico da musculatura inspiratório (SOUZA et al., 2008).

O *Threshold@IMT* é um dispositivo que oferece uma resistência à inspiração por meio de um sistema de mola com uma válvula unidirecional. Durante o ato expiratório não há resistência, pois a válvula unidirecional se abre. Já na inspiração ocorre o fechamento da válvula, ocasionando uma resistência. Para iniciar o treinamento com o *Threshold@IMT* é necessário definir a resistência a ser aplicada em cmH<sub>2</sub>O a partir das medidas de P<sub>lmáx</sub> pelo manovacuômetro (SOUZA et al., 2008).

Este dispositivo mantém a carga constante durante toda a inspiração, independentemente do fluxo utilizado durante a respiração. Esse aparelho consiste de um cilindro de plástico com 1,5cm de diâmetro interno, que contém uma válvula de fluxo de um lado, um regulador de pressão interna controlado por uma tensão na mola e um bocal do outro lado. É um dispositivo de baixo custo, fácil aplicação, confiável e reproduzível. Existem poucos valores de referência disponíveis para a população saudável para comparação do que é normal e patológico (BAIÃO, 2008).

O treinamento dos músculos inspiratórios com o *Threshold@IMT* não possui efeito na melhora da P<sub>lmáx</sub>, quando utilizado em condições agudas de doenças cardíacas, respiratórias e neurológicas e mesmo quando é feito somente em uma sessão (SOUZA et al., 2008).

Assim sendo, as alterações fisiológicas, como o aumento da densidade capilar e conteúdo de mioglobina, aumento do número e tamanho da mitocôndria muscular e da concentração de glicogênio, são adquiridas quando se trabalha em níveis considerados críticos, com cargas crescentes e estímulos diferentes e por longo prazo, sendo possível de serem alcançadas por um programa de treinamento muscular composto de estímulos de intensidade, duração e frequência suficientes para produzir respostas desejadas (MACHADO, 2008).

Segundo Chiappa (2003) o treinamento pode aumentar o tamanho e o número de miofibrilas e a concentração de proteínas sarcoplasmáticas com aumento da capacidade de transporte dos elétrons. Além de aumentar a proporção de fibras resistentes à fadiga no diafragma, o treinamento também reduz a suscetibilidade das fibras musculares aos efeitos destrutivos do exercício intenso ou por agudizações de doenças cardiorrespiratórias e neurológicas.

Ainda de acordo com os autores acima, o regime de treinamento de força com alta carga e baixo número de repetições resulta em aumento no diâmetro e número de miofibrilas, especialmente das fibras tipo II, determinando uma hipertrofia da fibra muscular.

## 5 PROTOCOLOS DE TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO

O treinamento muscular inspiratório (TMI) tem sido considerado como um potencial agente modificador de anormalidades dos músculos inspiratórios, aumento de força e *endurance*, melhora da dispnéia e da qualidade de vida. Usualmente as indicações do TMI estão associadas com a presença de diferentes situações clínicas como a insuficiência cardíaca, doenças neuromusculares, doença pulmonar obstrutiva crônica, asma e desmame difícil da ventilação mecânica (CHIAPPA, 2003).

Em pacientes com tetraplegia, vários protocolos podem ser utilizados para o treinamento da musculatura respiratória. Podem ser utilizados resistores lineares e alineares, assim como pesos sobre o abdômen e também nas fases aguda e crônica sendo esta considerada de três meses após de lesão medular (DERRICKSON et al., 1992).

No estudo de Ribeiro et al. (2007) com pacientes de tetraplegia, o protocolo de treinamento de musculatura inspiratória foi de 15 minutos de duração, duas vezes ao

dia, cinco dias por semana, durante oito semanas consecutivas com um resistor de carga linear *Threshold@IMT*.

No teste relativo à *endurance* a carga inicial, equivalente a 85% da pressão inspiratória sustentada (SIP), era aumentada proporcionalmente ao aumento do valor da SIP. Ao término do estudo observaram não só um aumento significativo da PImáx e da pressão inspiratória sustentada (SIP), mas também uma mudança no padrão respiratório. Ocorreu uma diminuição na frequência respiratória associada a um aumento do volume corrente (VC) que resultou, portanto, na razão volume/minuto inalterada.

Participaram do estudo de Silveira et al., em 2010, oito pacientes com tetraplegia, sendo sete homens e uma mulher, com lesão medular cervical entre C4 e C7. Todos foram submetidos ao treinamento de músculos inspiratórios utilizando-se um resistor de carga linear ajustado em 30% da PImáx. As sessões de treinamento foram realizadas com os pacientes na posição sentada, cinco vezes por semana durante oito semanas. Tempo de *endurance*, PImáx, PEmáx e CVF foram medidos antes do treinamento e após a 4ª e 8ª semanas de treinamento. Verificaram melhora da PImáx, PEmáx e CVF, sendo que a PEmáx melhorou em decorrência da PImáx, possivelmente, devido ao aumento do recolhimento elástico do pulmão.

No tratamento de traumatismo raquimedular o TMI foi feito também com um resistor de carga linear em 14 sessões com 20 minutos de duração cada. Foram realizadas uma avaliação no 1º dia e reavaliações no 7º e 14º dias e verificaram aumento da PImax e PEmax, significativamente. Esse protocolo de treinamento tem sido utilizado em pacientes em fase de desmame, cujo impedimento para retirada da ventilação mecânica seja a fraqueza muscular e mostrou-se eficiente e benéfico para o desmame, proporcionando ao paciente melhora da força e *endurance* da musculatura respiratória (MENDES, 2006).

No treinamento de tetraplégicos de Colman e Beraldo (2010) com o incentivador *Threshold@IMT*, a resistência utilizada foi de 30% da PImáx, alcançada na avaliação com o manovacuômetro, com duração de 15 minutos cada atendimento, sendo realizados três vezes por semana, totalizando 30 atendimentos. Após as intervenções, observou-se o aumento significativo da PImáx e uma melhora na qualidade de vida evidenciada pelos valores encontrados pela escala de *Borg* modificada na reavaliação, demonstrando uma melhora no condicionamento muscular respiratório.

O treinamento dos músculos inspiratórios também é utilizado para benefícios dos pacientes com insuficiência cardíaca, apesar da escassez de estudos citados pela literatura.

Granville et al. (2007) em seu estudo, aplicaram o protocolo de 12 semanas de treinamento com um resistor linear graduado em 30% da PImáx, sete vezes por semana durante trinta minutos. Havia incremento na carga à medida que havia a evolução dos pacientes. Verificou-se melhora da PImáx, sensação de dispnéia e tolerância ao esforço.

Pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) também são beneficiados com o treinamento dos músculos respiratórios.

Estudos recentes em pacientes portadores de DPOC demonstraram que a proporção das fibras tipo I e o tamanho das fibras tipo II aumentaram após o treinamento específico da musculatura inspiratória, e essas mudanças estruturais explicam, em parte, a melhora funcional dos músculos treinados. No diafragma, as adaptações na composição das fibras musculares e na atividade enzimática ocorrem em resposta ao aumento da carga. Essas adaptações resultam em aumento da resistência à fadiga e melhora do comportamento funcional do músculo (MACHADO, 2008).

Ribeiro et al.(2005) aplicaram o protocolo de treinamento de 15 minutos diários, utilizando o *Threshold@IMT* graduado em 50% da P<sub>Imáx</sub>, durante 8 semanas com sessões duas vezes por semana em 10 pacientes estáveis com diagnóstico clínico de DPOC. Associado ao treinamento dos músculos inspiratórios submeteu esses pacientes ao treinamento em cicloergômetro e exercícios com halteres para membros superiores (MMSS). Verificou-se aumento na tolerância ao exercício físico, demonstrado pelo aumento da distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos (TC6) e aumento da força muscular respiratória.

No estudo de Ribeiro et al. (2007), também com pacientes com DPOC, o protocolo utilizado foi de 15 minutos durante seis semanas com três sessões semanais utilizando o *Threshold@IMT*, além da reeducação respiratória. A carga utilizada para o TMI foi de 40% do valor da P<sub>Imáx</sub>, sendo esta reavaliada semanalmente para re-ajuste da carga. Os pacientes submetidos a esse protocolo apresentaram aumento significativo da distância percorrida no TC6 e no teste incremental de esteira. Apresentaram também redução significativa da sensação de dispnéia no repouso e na mesma intensidade de esforço do teste incremental em esteira e redução da frequência cardíaca no repouso.

Kunikoshita et al.(2006) utilizaram em seus protocolos de treinamento muscular respiratório o tempo de 10 a 20 minutos através do *Threshold@IMT* graduado em 30% da P<sub>Imáx</sub> durante seis semanas consecutivas. Após o programa de reabilitação, observou-se um aumento significativo da P<sub>Imáx</sub>. Apesar do treinamento muscular inspiratório, quando o estímulo é adequado para melhorar a performance muscular respiratória, pode promover uma redução significativa da gravidade da dispnéia e melhora na tolerância ao esforço; no presente estudo, no entanto, a carga de treinamento foi suficiente apenas para gerar aumento significativo da FMR (força muscular respiratória), e não para gerar melhora significativa na dispnéia ou na capacidade funcional no grupo de pacientes que realizou apenas TMR (treinamento muscular respiratório).

Em relação a pacientes com DPOC, dois estudos demonstraram que os protocolos de treinamento com cargas de 12% e 15% da P<sub>Imáx</sub> não foram eficazes, ao passo que 30% da P<sub>Imáx</sub> foram suficientes para produzir os efeitos do treinamento (GROSS et al., 1980; LISBOA et al., 1994).

Em pacientes com asma brônquica, Lima et al.(2008) aplicaram um protocolo de fisioterapia respiratória com as técnicas de treinamento dos músculos respiratórios em duas sessões semanais, durante sete semanas consecutivas. Utilizaram para o treinamento um resistor de carga linear graduado em 40% da P<sub>Imáx</sub>. Durante os primeiros vinte minutos de sessão, o paciente realizou dez séries de sessenta segundos intercaladas cada uma com o mesmo tempo de descanso. Nos próximos cinco minutos, o treinamento foi realizado sem intervalos. Observou-se que com esse protocolo houve melhora significativa da gravidade e frequência das crises, atividades de vida diária (AVD's), sintomas diurnos e noturnos e no uso medicamentos.

Gallas et al.(2006) em um relato de caso de um paciente portador de Distrofia Muscular de Duchenne e asma, seguiram o protocolo de TMI usando o *Threshold@IMT* graduado em 20% da P<sub>Imáx</sub>, por 10 minutos, sete vezes por semana, durante doze semanas consecutivas. Observaram um aumento das pressões respiratórias máximas a partir da segunda semana do treinamento muscular que voltou a aumentar a partir da sétima semana de treinamento até se estabilizar ao final do protocolo.

Pacientes traqueostomizados também devem ser submetidos ao treinamento dos músculos respiratórios para facilitar o desmame da ventilação mecânica.

Condessa (2008) submeteu um grupo de dez pacientes traqueostomizados ao treinamento dos músculos respiratórios com um resistor de carga linear, cujo protocolo



consistia de três a cinco séries de seis repetições realizadas uma vez ao dia por cinco a sete dias na semana. Verificou-se com este estudo que somente um dos pacientes que foi submetido ao treinamento não conseguiu sucesso no desmame.

Em seis pacientes submetidos à ventilação mecânica com tempo médio de internação de 72 dias, pós cirúrgicos e diagnosticados como “falhos para o desmame” foram treinados com o *Threshold@IMT*. O protocolo foi realizado uma vez ao dia, seis a sete dias na semana, em quatro séries de seis repetições com descanso de cinco a dez minutos entre as séries. Após o treinamento os pacientes foram desmamados com um tempo médio de ventilação mecânica de dezessete dias (CONDESSA, 2008).

Ventilação mecânica e repouso prolongado no leito como formas de desuso da musculatura inspiratória, além de fraqueza por paralisia parcial, doenças neuromusculares, alterações da parede torácica e hipotrofia dos músculos respiratório por várias causas e uso de corticosteróides são exemplos de indicações absolutas do treinamento dos músculos inspiratórios.

Em um ensaio que objetivou comparar os efeitos do treinamento muscular respiratório com cargas de pressão inspiratória entre 15 e 30% da  $P_{Imáx}$ , constatou-se que pacientes que treinaram com carga de pressão inspiratória maior aumentaram força, *endurance* e tolerância ao exercício geral, quando comparados com grupos de treinamento com 15% da  $P_{Imáx}$ . A resposta do treinamento muscular com carga limite pode ser avaliada por meio do aumento do tempo em que o paciente pode respirar com uma carga de pressão predeterminada (COLMAN; BERALDO, 2010).

Verifica-se, portanto, que o treinamento com um resistor de carga linear é importante para o aumento da força e *endurance* dos músculos respiratórios de pacientes com doenças estáveis ou submetidos à ventilação mecânica com insucesso no desmame.

O *Threshold@* é um incentivador respiratório que atua como exercitador respiratório que objetiva a melhora na força e na resistência dos músculos ventilatórios à fadiga, ofertando uma carga ou resistência à ventilação espontânea do paciente, por carga pressórica. Oferece ao paciente uma resistência conhecida durante todo o movimento ventilatório, garantida por válvulas com molas não dependentes do fluxo inspiratório do paciente (MIRANDA et al., 2011).

Há bastantes divergências sobre a carga ideal que deve ser utilizada para a obtenção dos benefícios do treinamento. Verifica-se uma diversidade de valores que variam de 12 a 40% da  $P_{Imáx}$ , embora haja a indicação da carga mínima de 30% para ser eficiente para se obter bons resultados e ideal para não predispor o paciente à fadiga dos músculos respiratórios. Portanto, é uma carga agradável para o paciente. Assim, é possível garantir maior adesão do mesmo aos protocolos propostos.

## 6 CONCLUSÃO

As medidas das pressões inspiratória máxima ( $P_{Imáx}$ ) e expiratória máxima ( $P_{Emáx}$ ) constituem-se de um método simples e não invasivo para avaliação da força de músculos respiratórios. Além de identificar a fraqueza desses, também identifica a sua resistência à fadiga em diversas doenças e situações clínicas, assim como em indivíduos normais.

A avaliação da força dos músculos respiratórios é um método comum na avaliação fisioterapêutica de pacientes com doenças cardiorrespiratórias e neurológicas. As medidas de  $P_{Imáx}$  e  $P_{Emáx}$  permitem que o fisioterapeuta elabore um protocolo específico para treinamento dos músculos respiratórios que tem por objetivo melhorar a mecânica respiratória, concomitantemente, com a força muscular respiratória.

Este estudo demonstra as pesquisas com melhores resultados e a necessidade da mensuração da força dos músculos respiratórios e da aplicação dos protocolos de treinamento adequados quando necessário, visando à eficiência e à reabilitação acelerada.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. P.; BERTUCCI, N. R.; LIMA, V.P. Variações da pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima a partir da capacidade residual funcional ou da capacidade pulmonar total e volume residual em indivíduos normais. *O Mundo da Saúde. São Paulo*, v.32, n.2, abr/jun 2008, p.176-182.

AZEREDO, C.A.C. *Fisioterapia respiratória moderna*. 4. ed. São Paulo: Manole, 2002.

BAIÃO, E. A. *Funções Pulmonar e Muscular Respiratória na Cardiomiopatia Chagásica e sua Relação com a Capacidade Funcional*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação. Belo Horizonte, 2008.107p.

BERNE, R.M.; LEVY, M.N.; KOEPPEN, B.M.; STANTON, B.A. *Fisiologia*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

BIANCHI, P. D.; VALLE, P. H. C.; BALDISSER, V.; ROSA, P. V. Avaliação do treinamento de força e resistência muscular respiratória com manovacuômetro e com carga linear pressórica. *Revista Digital* – n.136, año 14, Buenos Aires - Septiembre de 2009.

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

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, jul-ago de 2003, p. 208-212.

CAMARGO, T.M. Comparação da Variação das Pressões Respiratórias Máximas a partir de duas Metodologias Distintas de Avaliação. *7ª Mostra Acadêmica UNIMEP*, 2009.

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

CHIAPPA, G.R.S. *Efeitos do Treinamento Muscular Inspiratório em pacientes com Insuficiência Cardíaca: Impacto na Capacidade Funcional, na Oscilação da Ventilação, e na Qualidade de Vida*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares para obtenção do título de mestre em Ciências Cardiovasculares. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - dezembro, 2003.

CONDESSA, R.L. *Avaliação do Treinamento Muscular Inspiratório por Threshold IMT no processo de aceleração do desmame da Ventilação Mecânica*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina, para obtenção do título de mestre em Medicina. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

COLMAN, M.L.; BERVALDO, P.C. Estudo das variações de pressão inspiratória máxima em tetraplégicos, tratados por meio de incentivador respiratório, em regime ambulatorial. *Fisioter. Mov.*, Curitiba, v. 23, n. 3, jul./set. 2010, p. 439-449.

COSTA, D.; GONÇALVES, H. A.; LIMA, L. P.; IKE, D.; CANCELLIERO, K. M.; MONTEBELO, M. I. L. Novos valores de referência para pressões respiratórias máximas na população brasileira. *J Pneumol.*v.36, n . 3, 2010, p.306-312.

DÂNGELO, J.G.; FATTINI, C.A. *Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

DETERMINAÇÃO DAS PRESSÕES INSPIRATÓRIAS E EXPIRATÓRIAS MÁXIMAS (PIMÁX E PEMÁX). Disponível em: <[http://www.pulmocenter.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=107&Itemid=199](http://www.pulmocenter.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=199)>. Acesso em: 08 out. 2010.

DERRICKSON, J.; CIESLA, N.; SIMPSON, N.; IMLE, P.C. A comparison of two breathing exercise programs for patients with quadriplegia. *Phys Ther.*,v.72,n.11,1992, p.763-769.

FELTRIM, M.I.Z. ; JARDIM, J.R.B. Fisiologia muscular respiratória. In: Amaral CA, Júnior G. *Assistência ventilatória mecânica*. São Paulo: Atheneu, 1995.

GALLAS, D.; WINKELMANN, E.R.; EICKHOFF, H.M. Treinamento Muscular Respiratório em indivíduo portador de Distrofia Muscular de Duchenne. *Revista Contexto & Saúde Ijuí.*v. 5, n.10, jan./jun.2006, p. 55-64.

GALVAN, C.C.R.; CATANEO, A.J.M. Effect of respiratory muscle training on pulmonary function in preoperative preparation of tobacco smokers. *Ata Cirúrgica Brasileira* – v. 22, n.2, 2007, p. 98-104.

GASTALDI, A. C.; FILHO, G. A. F.; PEREIRA, A. P. M.; SILVEIRA, J. M. Quantas medidas de pressões respiratórias são necessárias para se obterem medidas máximas em pacientes com tetraplegia?. *Coluna/Columna.*v. 8, n. 4,2009, p .417-422.

GIACOMETI, C. G.; STOCO, G. F.; IKE, D.; TESCH, C. B. Comparação das Pressões Respiratórias Máximas com Equipamentos Analógico e Digital. *4ª Mostra Acadêmica* – 24/26 out. 2006, UNIMEP.

GOLDWASSER, R.; FARIAS, A.; FREITAS, E. E.; AMADO, V.; OKAMOTO, V. Desmame e interrupção da ventilação mecânica. *J Bras Pneumol.* v. 33, n.2, julho 2007, p. 128-136.

GRANVILLE, D. D.; GRÜNEWALD, P. G.; LEGUISAMO, P. G.; CALEGARI, L. Treinamento muscular inspiratório em pacientes com insuficiência cardíaca: estudo de caso. *Fisioter. Pesqui.*, v.14, n.3, set./dez. 2007, p. 62-68.

GROSS, D.; LADD, H. W.; RILEY, E. J.; MACKLEM, P. T.; GRASSINO, A. The effect of training on strength and endurance of the diaphragm in quadriplegia. *Am J Med.*; v. 68, n.1, 1980, p.27-35.

KUNIKOSHITA, L. N.; SILVA, Y. P.; SILVA, T. L. P.; COSTA, D.; JAMAMI, M. Efeitos de três Programas de Fisioterapia Respiratória (PFR) em Portadores de DPOC. *Rev. bras. fisioter.*, São Carlos, v. 10, n. 4, out./dez. 2006, p. 449-455.

LEAL, A. H.; HAMASAKI, T. A.; JAMAMI, M.; LORENZO, V. A. P.; PESSOA, B. V. Comparação entre valores de força muscular respiratória medidos e previstos por diferentes equações. *Rev. Fisioterapia e Pesquisa*, v.14, n.3, 2007, p.25-30.

LIMA, L. P. *Mensuração das Pressões Respiratórias Máximas com Equipamentos Analógico e Digital*. Universidade Metodista de Piracicaba. 5ª Mostra Acadêmica. UNIMEP. 23-25 out 2007.

LIMA, E. V. N. C. L.; LIMA, W. L.; NOBRE, A.; SANTOS, A. M.; BRITO, L. M. O.; COSTA, M. R. S. R. Treinamento muscular inspiratório e exercícios respiratórios em crianças asmáticas. *JBras Pneumol.*,v.34,n.8, 2008, p.552-558.

LISBOA, C.; MUÑOZ, V.; BEROIZA, T.; LEIVA, A.; CRUZ, E. Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: comparison of two different training loads with a threshold device. *Eur Respir J.*,v.7,n.7, 1994, p.1266-1274.

MACHADO, M. G. R. *Bases da Fisioterapia Respiratória*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MENDES, M. J. *Treinamento Muscular Inspiratório em um paciente com Traumatismo Raquimedular (TRM) no Hospital Nossa Senhora da Conceição de Tubarão SC*. Monografia apresentada ao Curso de Fisioterapia, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2006.61p.

MIRANDA, A. S.; OLIVEIRA, T. C.; LOURENÇO, M. G. *Intervenção Fisioterapêutica Pneumofuncional na Reeducação da Mecânica Ventilatória do Tórax Enfisematoso*. Disponível em: <<http://gefisio.blogspot.com/2011/05/intervencao-fisioterapeutica.html>>. Publicado em 6 maio 2011. Acesso em: 22 maio 2011.

NEDER, J. A.; ANDREONI, S.; LERARIO, M. C.; NERY, L. E. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* . v. 32, n. 6, 1999, p. 719-727.

OLIVEIRA, D. Z. ; DAMIN, S.; SKROCH, E. O. K. Medida das Pressões Respiratórias Máximas em Indivíduos Portadores de HIV. *RUBS*, Curitiba, v.1, n.3, set./dez. 2008, p.91-96.

ONAGA, F. I.; JAMAMI, M.; RUAS, G.; DI LORENZO, V. A. P.; JAMAMI, L. K. Influência de diferentes tipos de bocais e diâmetros de traquéias na manovacuometria. *Fisioter. Mov.*, Curitiba, v. 23, n. 2, abr./jun. 2010, p. 211-219.

PANIZZI, E. A.; HARTMANN, P.; SCOLARO, S. A. ; PAMPLONA, C. M. A. ; KERKOSKI E. *Pressões Respiratórias Máximas nas diferentes Categorias de Índice de Massa Corporal: Uma Análise Descritiva*. VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

PARREIRA, V. F.; FRANÇA, D. C.; ZAMPA, C. C.; FONSECA, M. M.; TOMICH, G. M.; BRITTO, R. R. Pressões Respiratórias Máximas: Valores Encontrados e Preditos em Indivíduos Saudáveis. *Rev. Bras. Fisioter.*, São Carlos, v. 11, n. 5, set./out. 2007, p. 361-368.

RIBEIRO, K.; TOLEDO, A.; COSTA, D.; PÊGAS, J.; REYES, L. Efeitos de um programa de reabilitação pulmonar em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) .*Rev. Biociên.*, Taubaté, v.11, n. 1-2, jan./jun. 2005, p. 63-68.

RIBEIRO, K, P.; TOLEDO, A.; WHITAKER, D. B.; REYES, L. C. V.; COSTA, D. Treinamento Muscular Inspiratório na Reabilitação de Pacientes com DPOC. *Saúde Rev.*, Piracicaba, v.9, n.22, 2007, p. 39-46.

RIBEIRO, R. N.; MENEZES, A. M. N.; GORETTI, L. C.; LANSCHI, J. M. A. Efeitos do treinamento muscular inspiratório em pacientes tetraplégicos: uma revisão da literatura. *Rev. Fisioterapia e Pesquisa*.v.14,n.1,2007, p.72-78.

SAAD, P. C. B.; GUIMARAES, A.; DAL PAI, V.; KROLL, L. B. Análise histológica e histoquímica das fibras dos músculos reto do abdome e intercostal paraesternal de ratos submetidos ao exercício da natação. *RevBrasMed Esporte*.v.8, n.4, 2002, p. 144-150.

SILVEIRA, J. M.; GASTALDI, A. C.; BOAVENTURA, C. M.; SOUZA, H. C. Treinamento de músculos inspiratório em pacientes com quadriplegia. *J Pneumol*.v. 36, n. 3, 2010, p.313-319.

SIMÕES, R. P.; DEUS, A. P. L.; AUAD, M. A.; DIONÍSIO, J. ; MAZZONETTO, M.; BORGHI-SILVA, A. Pressões respiratórias máximas em indivíduos saudáveis sedentários de 20 a 89 anos da região central do Estado de São Paulo. *Ver Bras Fisioter*, São Carlos, v. 14, n. 1, jan./fev.2010, p. 60-7.

SOUZA, E.; TERRA, E. L. S. V.; PEREIRA, R.; CHICAYBAN, L.; SILVA, J.; SAMPAIO-JORGE, F. Análise Eletromiográfica do Treinamento Muscular Inspiratório sob diferentes cargas do Threshold@IMT. *Perspectivas online*. v.2, n.7, 2008, p.103-112.

SOUZA, R .B. Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Pneumol*, v.28, n. 3, outubro de 2002, p. 155-165.

WEST, J. B. *Fisiologia Respiratória Moderna*. São Paulo: Manole, 2002.

Data de envio: 10.10.2011

Data de aceite: 17.11.2011

---

**REVISTA CEREUS** 

Av. Pará, quadra 20, lote 01 nº 2432 - Telefone: (63) 3612-7602

Bairro Engenheiro Waldir Lins II. Gurupi - TO CEP: 77402-110.

**E-mail:** [revistacereus@unirg.edu.br](mailto:revistacereus@unirg.edu.br)

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UnirG** 

Av. Guanabara, quadra 326, lote 11, nº 1500, Telefone: (63) 3612-7619.

Centro. Gurupi-TO Cep: 77403-080

<[www.unirg.edu.br](http://www.unirg.edu.br)>.