

Susana Garcia¹
Margarida Rocha²
Paula Pinto³
António M. F. Lopes⁴
Cristina Bárbara⁵

Treino de músculos inspiratórios em doentes com DPOC

Inspiratory muscle training in COPD patients

Recebido para publicação/received for publication: 07.01.25

Aceite para publicação/accepted for publication: 07.11.14

Resumo

Objectivo: Pretendemos investigar os efeitos de um protocolo específico de treino dos músculos inspiratórios (TMI) no comportamento da dispneia, da função pulmonar, da força dos músculos respiratórios, da tolerância ao exercício e da qualidade de vida, num grupo de doentes com doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC).

Amostra: Constituída por treze doentes com DPOC moderada a muito grave distribuídos por um grupo de controlo (n=5) com um valor médio de FEV1 de $43,9 \pm 10,1\%$ do valor teórico e um grupo experimental (n=8) com um valor médio de FEV1 de $57,8 \pm 12,1\%$ do valor teórico.

O grupo experimental foi sujeito a TMI por cinco semanas consecutivas e o grupo de controlo não efectuou qualquer tipo de treino, sendo apenas aconselhado a continuar com as actividades diárias até então praticadas.

Abstract

Aim: The aim of this study was to evaluate the impact a specific inspiratory muscle training (IMT) protocol had on dyspnoea, lung function, respiratory muscle pressure, tolerance to exercise and quality of life in a group of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD)

Population: We studied 13 patients with moderate to very severe COPD divided into a control group (n=5) with an average FEV1 $43.9 \pm 10.1\%$ of predicted value and an IMT group (n=8) with FEV1 $57.8 \pm 12.1\%$ of predicted value. While this study group underwent IMT for five consecutive weeks, the control group did not undergo any kind of training.

Results: Using a specific IMT protocol significantly improved maximal inspiratory pressure (MIP) in the study group (initial MIP – 83.3 ± 21.4 versus final MIP- 98.4 ± 17.8 cmH₂O; $p < 0.01$). The same result was seen with the St. George Respiratory Question-

¹ Fisioterapeuta da Unidade de Readaptação Funcional Respiratória do Hospital de Pulido Valente (HPV) / Physiotherapist, Respiratory Rehabilitation Unit, Hospital de Pulido Valente (HPV).

² Técnica de cardiopneumologia da Unidade de Fisiopatologia Respiratória do HPV / Cardiopulmonology technician, Respiratory Physiopathology Unit, HPV.

³ Mestre em Patologia Respiratória. Assistente Hospitalar do HPV. Assistente Convidada da Faculdade de Ciências Médicas de Lisboa (FCML). Investigadora do Centro de Estudos de Patologia Respiratória da FCML / MA in Respiratory Pathology. Consultant, HPV. Guest Consultant, Lisbon School of Medical Sciences (FCML). Researcher, FCML Centre for Respiratory Pathology Studies.

⁴ Mestre em Fisioterapia. Professor Auxiliar Convidado da Escola Superior de Saúde do Alcoitão / MA in Physiotherapy. Guest Assistant Professor, Alcoitão Escola Superior de Saúde.

⁵ Coordenadora da Unidade de Fisiopatologia Respiratória do HPV. Assistente Hospitalar Graduada do HPV. Professora Auxiliar Convidada da FCML. Investigadora do Centro de Estudos de Patologia Respiratória da FCML / Head, Respiratory Physiopathology Unit, HPV. Specialist Consultant, HPV. Guest Assistant Professor, FCML. Researcher, FCML Centre for Respiratory Pathology Studies.

Resultados: A aplicação do protocolo específico de TMI melhorou significativamente a pressão máxima inspiratória (PI_{max}) no grupo experimental (PI_{max} inicial - 83,3± 21,4 *versus* PI_{max} final- 98,4±17,8 cmH₂O; p<0,01). O mesmo aconteceu com o *score* de sintomas do St. George Respiratory Questionnaire (SGRQ) no grupo experimental (*score* inicial 58±2,2 *versus score* final 50±2,1; p<0,05), não se tendo verificado qualquer alteração nas variáveis avaliadas no grupo de controlo.

Conclusões: A aplicação do treino de músculos inspiratórios em doentes com DPOC moderada a muito grave induziu melhoria da força dos músculos inspiratórios com repercussão na melhoria da qualidade de vida no que diz respeito aos sintomas.

Rev Port Pneumol 2007; XIV (2): 177-194

Palavras-chave: DPOC, TMI.

naire (SGRQ) score in the study group (initial score 58±2.2 versus final score 50±2.1; p<0.05). No changes were recorded in the variables studied in the control group.

Conclusions: The use of IMT in patients with moderate to very severe COPD induced an improvement in inspiratory muscle force with a consequent improvement in the quality of life in relation to symptoms.

Rev Port Pneumol 2007; XIV (2): 177-194

Key-words: COPD, IMT.

Introdução

Grande número dos doentes com insuficiência respiratória crónica apresenta sintomas relacionados com falência da bomba ventilatória. Os músculos inspiratórios desempenham um papel primordial no adequado funcionamento desta bomba, podendo a sua incapacidade para gerar uma força adequada conduzir à falência deste sistema¹. Se aplicarmos os mesmos princípios básicos do treino dos músculos esqueléticos aos músculos inspiratórios, podemos admitir que um programa de treino específico para aumentar a sua força ou para melhorar a sua capacidade de *endurance* tenha como consequência uma melhoria no funcionamento da bomba ventilatória, tal como afirmam Leith e Bradley². De facto, desde que foi demonstrada a relação existente entre a disfunção dos múscu-

Introduction

Large numbers of patients with chronic respiratory insufficiency present symptoms related to ventilatory pump failure. The inspiratory muscles play a key role in the correct functioning of this pump and their incapacity to generate sufficient strength can lead to the failure of this system¹. If we apply the same basic principles of skeletal muscle training to the inspiratory muscles, we can see that a specific training programme to increase the latter's strength or improve their endurance capacity will result in improved ventilatory pump function, as described by Leith and Bradley². As the relationship between respiratory insufficiency, hypercapnia and consequently respirato-

Grande número dos doentes com insuficiência respiratória crónica apresenta sintomas relacionados com falência da bomba ventilatória

los inspiratórios, a hipercápnia e, consequentemente, a insuficiência respiratória, o treino dos músculos inspiratórios (TMI) tem vindo a ganhar interesse, encontrando-se actualmente em franco desenvolvimento¹.

Numerosos estudos têm sido realizados visando o impacto do TMI nos doentes com DPOC, com doenças neuromusculares, com cifoescoliose, submetidos a cirurgias cardiotorácicas e em situações de “desmame” da ventilação mecânica, apontando alguns trabalhos para uma melhoria da força e/ou *endurance* dos músculos inspiratórios³⁻⁵. Segundo Gosselink e Decramer¹, estas condições têm todas em comum a fraqueza dos músculos inspiratórios, estando frequentemente associadas à falência da bomba ventilatória em repouso e/ou durante o exercício. Apesar destas condições clínicas compartilharem mecanismos fisiopatológicos comuns no que diz respeito à fraqueza dos músculos respiratórios, e fazer todo o sentido sob o ponto de vista conceptual introduzir na abordagem terapêutica o TMI, ainda assim os benefícios desta técnica não têm sido universais.

Foi objectivo deste estudo investigar os efeitos de um protocolo específico de TMI no comportamento da dispneia, da função pulmonar, da força dos músculos respiratórios, da tolerância ao exercício e da qualidade de vida relacionada com a saúde num grupo de doentes com doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC).

Material e métodos

Desenho do estudo

Realizou-se um estudo quase-experimental e exploratório, onde foi utilizado um protocolo de TMI num grupo de estudo ou experimental que foi comparado com um grupo de controlo. O protocolo dividiu-se em quatro fases distintas:

ry insuficiência has been demonstrated, IMT has gained ground and is currently in a development phase¹.

Many studies have been undertaken into the impact of IMT on Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) patients with neuromuscular disease, with cyphoscoliosis, submitted to cardiothoracic surgery and in situations of weaning from mechanical ventilation. Some studies have indicated an improved inspiratory muscle strength and/or endurance³⁻⁵. According to Gosselink and Decramer¹, these conditions all have inspiratory muscle weakness in common, and are frequently associated to failure of the ventilatory pump in rest and/or during exercise. Despite these clinical conditions, they share the common physiological mechanisms of respiratory muscle weakness. This makes sense from a conceptual viewpoint, bringing IMT into the approach to treatment. But even so, the benefits of this technique not been universal.

The aim of this study was to investigate the impact a specific IMT protocol had on the behaviour of dyspnoea, lung function, strength of respiratory muscles, tolerance to exercise and the health-related quality of life a group of patients with COPD.

Material and methods

An exploratory study was carried out using an IMT protocol on a study or experimental group that was compared with a control group.

The protocol was divided into four stages:

- 1.^a Fase – Ensino
- 2.^a Fase – Avaliações pré-treino
- 3.^a Fase – Treino dos músculos inspiratórios
- 4.^a Fase – Avaliações pós-treino

- 1st Stage – Teaching
- 2nd Stage – Pre-training evaluation
- 3rd Stage – Inspiratory muscle training
- 4th Stage – Post-training evaluation

A fase de ensino teve a duração de aproximadamente uma semana e consistiu no ensino de todos os procedimentos a efectuar nas avaliações aos doentes de ambos os grupos. Nos doentes do grupo experimental efectuou-se também o ensino do programa de treino propriamente dito. A explicação do programa de treino consistiu na demonstração do funcionamento do dispositivo de treino dos músculos inspiratórios e das condições em que iria ser realizado o treino. Os doentes treinaram durante um curto período de tempo, sentados confortavelmente, não tendo nenhum deles referido dispneia ou dificuldades de manuseamento do dispositivo de treino.

As avaliações pré e pós-treino consistiram na avaliação da dispneia, da função pulmonar, da força dos músculos respiratórios, da tolerância ao exercício e da qualidade de vida.

Função pulmonar: A função pulmonar foi avaliada mediante a realização de uma espirometria efectuada utilizando um espirómetro da marca Sensormedics, modelo Vmax 20c (Yorba Linda, Califórnia USA). Os parâmetros avaliados foram a capacidade vital forçada (FVC) e o volume expiratório máximo no 1.^o segundo (FEV1), sendo as medições efectuadas na posição de sentado, utilizando uma mola de oclusão nasal e uma peça bucal tipo mergulhador. Os valores previstos foram obtidos a partir das equações europeias de referência, sendo o cálculo efectuado automaticamente pelo microprocessador. As regras de preparação dos doentes, de execução das provas e de interpretação dos resultados, foram as recomendadas⁶.

The teaching stage lasted for about a week and consisted of training in all the procedures to be used in the evaluations, of patients of both groups. Teaching of the training programme was also undertaken in experimental group patients. Presentation of the training programme consisted of a demonstration of the workings of the inspiratory muscle training mechanism and the conditions under which training is administered. Patients trained for a short period of time while comfortably seated and no subjects had dyspnoea or problems handling the training mechanism.

Pre and post-training evaluation consisted of evaluation of dyspnoea, lung function, respiratory muscle force, tolerance to exercise and quality of life.

Lung Function: Lung function was measured using spirometry carried out with Sensormedics, model Vmax 20c (Yorba Linda, California USA). Parameters evaluated were Forced Vital Capacity (FVC) and Forced Expiratory Volume in the first second (FEV1). Measurements were taken with the subject seated using a nasal clip and a diver's mouthpiece. Fixed values were obtained using European reference tables. Rules for preparation of patients, undertaking of tests and interpretation of results were those recommended⁶.

Blood gas was also measured, with this test made in the seated position after a rest period of 30 minutes and by use of a Rapidlab,

Recorreu-se também à gasometria arterial para avaliação dos gases no sangue, tendo este exame sido efectuado na posição de sentado, após um período de repouso de 30 minutos e através do recurso a um analisador de gases Rapidlab, modelo 860, marca *Chiron Diagnostics* (Leverkusen, Germany).

Força dos músculos respiratórios: A força dos músculos respiratórios foi avaliada pela determinação das pressões máximas respiratórias (PMR), avaliando-se a pressão máxima inspiratória (PI_{max}) e a pressão máxima expiratória (PE_{max})^{7,10}. O manómetro utilizado foi o *Medical Mouth Pressure Meter*, modelo Micro MPM, (Rochester, Kent – England). Os indivíduos encontravam-se na posição de sentados, usando uma mola de oclusão nasal e eram encorajados verbalmente para a realização das manobras, a fim de atingirem valores máximos de pressão. Tanto para a PE_{max} como para a PI_{max} foram realizadas três manobras, tendo sido escolhido o valor mais elevado. Quando a diferença entre o melhor valor e o segundo melhor foi superior a 5%, realizaram-se mais manobras, até um máximo de cinco^{10,11}.

Tolerância ao exercício: Para avaliação da capacidade de exercício recorreu-se ao *Shuttle Walk Test*¹². Os parâmetros seleccionados foram a distância percorrida, a saturação mínima e a frequência cardíaca máxima, recorrendo-se para tal a um oxímetro portátil *BCI International model 3301* (Waukesha, Wisconsin, USA), sendo o sensor utilizado do tipo auricular.

Dispneia: A dispneia foi avaliada de forma indirecta e em condições basais mediante a utilização do índice basal de Mahler e cinco semanas após o treino, mediante a aplicação do índice de transição de Mahler^{3,13-15}. O índice basal de Mahler quantifica a dispneia através de um *score* global que resulta do so-

model 860, Chiron Diagnostics Leverkusen, Germany.

Respiratory Muscle Force: Respiratory muscle force was evaluated through determination of Maximal Respiratory Pressures (MRP) measuring Maximal Inspiratory Pressure (MIP) and Maximal Expiratory Pressure (MEP)^{7,10} using a Medical Mouth Pressure Meter, model Micro MPM, (Rochester, Kent – England). Subjects were seated, with a nasal clip, and verbally encouraged to carry out the manoeuvres with the aim of achieving maximal pressure values. Three manoeuvres were carried out for both MEP and MIP, with the highest value the one chosen. When the difference between the best value and the second best was more than 5%, more manoeuvres were carried out, to a maximum of five^{10,11}.

Tolerance to Exercise: The Shuttle Walk Test¹² was used to evaluate exercise capacity. Parameters chosen were distance travelled, minimal saturation and maximal cardiac frequency, using a portable oxymeter made by BCI International Model 3301 (Waukesha, Wisconsin, USA) and with use of an auricular sensor.

Dyspnoea: Dyspnoea was evaluated indirectly and under base conditions via the use of the Mahler dyspnoea index and five weeks after training using the Mahler transition index^{3,13-15}. The Mahler dyspnoea index measures dyspnoea using a global score that comes from adding together partial scores of the dimensions of functional incapacity, magnitude of effort and size of task. The evolution of dyspnoea after IMT was evaluated with the Mahler transition index, which defines positive or negative indices

matório de *scores* parciais relativos às dimensões de incapacidade funcional, magnitude do esforço e magnitude da tarefa. A evolução da dispneia após o TMI foi avaliada mediante o índice de transição de Mahler, que quantifica índices positivos ou negativos para cada uma das dimensões, consoante haja melhoria ou agravamento da dispneia, respectivamente. Para efeitos de comparação foi possível quantificar um índice final de dispneia, após o programa de TMI, que resultou do somatório dos índices de transição (positivos ou negativos) com o valor do índice basal.

Qualidade de vida: A qualidade de vida relacionada com a saúde foi avaliada mediante o recurso ao SGRQ¹⁶. Neste questionário foi possível, para além da determinação dum *score* global, quantificar três domínios da qualidade de vida relacionada com a saúde: o dos sintomas, o da actividade e o dos impactos. A soma da pontuação atribuída a cada uma das dimensões fornece a pontuação final, correspondendo um valor maior a pior qualidade de vida.

Treino de músculos inspiratórios: O protocolo de TMI foi baseado na meta-análise de Mahler¹⁷ e no estudo de Ramirez-Sarmiento *et al.*¹⁸. A todos os doentes do grupo experimental foi aplicado um programa específico de TMI, utilizando um instrumento do tipo Threshold (Respironics Deutschland – Herrsching, Holanda) e utilizando uma resistência de 40 a 50% da P_Imax. A duração do TMI foi de 30 minutos por dia, cinco dias por semana, durante cinco semanas consecutivas, sendo o treino supervisionado por uma fisioterapeuta e realizado com controlo do ritmo respiratório (seis ciclos por minuto).

O controlo do ritmo respiratório foi efectuado através de uma cassette de som por nós elaborada, que imitava dois sinais sonoros: um que indicava ao doente que tinha de iniciar o ciclo inspi-

for each dimension according to improvement of worsening of dyspnoea, respectively. To make comparisons it was possible to calculate the final dyspnoea index after IMT, which resulted from adding transition indices (positive or negative) to the value of the baseline index.

Quality of Life: Health-related quality of life was evaluated using the St. George Respiratory Questionnaire (SGRQ)¹⁶. This questionnaire allowed for a global score to be fixed, as well as measurement of three areas of health-related quality of life: symptoms, activity and impacts. Addition of scores for each area gave the final score corresponding to a better or worse quality of life.

Inspiratory muscle training: The IMT protocol was based on the Mahler meta-analysis¹⁷ and the Ramirez-Sarmiento *et al* study¹⁸. All patients in the experimental group was allocated a specific IMT programme with a Threshold (Respironics Deutschland – Herrsching, Netherlands) apparatus and using MIP resistance of between 40 and 50%. IMT duration was 30 minutes daily, five times weekly for a period of five consecutive weeks. Training was supervised by a physiotherapist and undertaken with control of breathing rhythm (six cycles per minute).

The control group did not undergo any kind of training, being solely advised to continue with habitual daily activities.

Sample: Thirteen male patients were selected with diagnosis of moderate and very severe COPD in accordance with the criteria of the Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)¹⁹. The subjects were chosen from an outpatient population of candidates with respi-

ratório e, de seguida, outro sinal diferente que, por sua vez, indicava que o doente deveria iniciar o ciclo expiratório. Os tempos de intervalo entre cada som, assim como entre cada ciclo, foram preestabelecidos com base na fisiologia do ciclo respiratório e de um pré-teste.

O grupo de controlo não efectuou qualquer tipo de treino, sendo apenas aconselhado a continuar com as actividades diárias até então praticadas.

Amostra: Foram seleccionados treze doentes do sexo masculino com o diagnóstico de DPOC moderada a muito grave, de acordo com os critérios da Iniciativa GOLD¹⁹. Os doentes foram seleccionados da população ambulatória de insuficientes respiratórios candidatos a programas de reabilitação respiratória do nosso hospital.

Critérios de inclusão:

- Adultos do sexo masculino (com idades compreendidas entre os 50 e os 75 anos);
- Diagnóstico de DPOC moderada a muito grave (Estádio GOLD II a IV);
- Estabilidade clínica;
- Motivação pessoal para a participação no estudo;

Critérios de exclusão:

- Antecedentes de asma brônquica;
- Antecedentes de doença cardiovascular;
- Antecedentes de doença ortopédica;
- Antecedentes de cirurgia abdominal ou torácica;
- Tratamento com corticosteróides, hormonas ou realizando quimioterapia;
- Doentes com alterações profundas a nível motor, visual, auditivo e táctil;
- Doentes com alterações cognitivas e comportamentais;
- Índice de massa corporal (IMC) < 20 kg/m²;

ratory failure undergoing respiratory rehabilitation programmes at our hospital.

Inclusion criteria:

- Male adults (aged between 50 and 75 years);
- Diagnosis of moderate to very severe COPD (GOLD state II to IV);
- Clinical stability;
- Personal motivation to participate in study.

Exclusion Criteria:

- History of bronchial asthma;
- History of cardiovascular disease;
- History of orthopaedic disease;
- History of abdominal or chest surgery;
- Treatment with corticosteroids, hormones or CT;
- Patients with profound motor, visual, hearing and tactile alterations;
- Patients with cognitive and behavioural alterations;
- Body Mass Index (BMI) < 20 kg/m²;
- Exacerbation of disease in the four weeks prior to start of study;
- Exacerbation during the IMT programme;
- Non-following of protocol for three or more consecutive days or six separate days.

The sample was divided into two groups: an eight patient strong experimental or study group (subject to the IMT programme), and a five-subject control group. This distribution was made in accordance with residence and daily availability of patients to attend training (experimental group). After three weeks of training one patient in the experimental group was excluded for exacerbation of COPD, leaving this group with six subjects. Tables I and II show that the

- Exacerbação da doença de base nas quatro semanas anteriores ao início da intervenção;
- Exacerbação durante o programa de TMI;
- Não realização do protocolo durante mais de três dias consecutivos ou seis intervalados.

control group presented similar characteristics to the experimental group. Five patients were on long-term oxygen therapy, three in the experimental group and two in the control group.

A amostra foi dividida em dois grupos: um experimental (sujeito ao programa de TMI), constituído por oito doentes, e um de controlo de cinco doentes. Esta distribuição foi realizada de acordo com a residência e disponibilidade diária dos doentes para se deslocarem ao local de treino (grupo experimental). Após três semanas de treino, um doente do grupo experimental foi excluído por exacerbação de DPOC, tendo o grupo experimental ficado então constituído por sete doentes. Conforme se pode constatar nos Quadros I e II, o grupo de controlo apresentava características semelhantes às do grupo experimental. Cinco doentes encontravam-se sob oxigenoterapia de longa duração (OLD), três no grupo experimental e dois no grupo de controlo.

Quadro I – Características clínicas, antropométricas, funcionais respiratórias e de tolerância ao exercício.

	Grupo experimental (n = 7)	Grupo de controlo (n = 5)	Significado estatístico
Idade (anos)	63,7±8,5	65,6±5,5	NS
IMC (kg/m ²)	27,4±5,1	27,2±7,8	NS
FVC % do teórico	87,6 ± 15,1	91,8 ± 23,5	NS
FEV ₁ % do teórico	43,9 ± 10,1	57,8 ± 12,1	NS
pH (mmHg)	7,45±1,49	7,43±3,29	NS
PaO ₂ (mmHg)	67,1±7,9	70,8±11,7	NS
PaCO ₂ (mmHg)	40,8±5,6	43,0±5,5	NS
SatO ₂ (%)	93,8±1,8	93,9±2,5	NS
Plmax (cmH ₂ O)	83,3±21,4	71,2±28,6	NS
PEmax (cmH ₂ O)	136,0±25,4	130,4±11,6	NS
Distância <i>Shuttle</i> (m)	424,3±90,9	376,0±127,2	NS
FCmax (bpm)	132,4±15,5	122,6±11,7	NS
SatO ₂ min (%)	87,1±4,5	93,6±6,7	NS

Os resultados são apresentados como a média e o desvio-padrão (M±DP)

NS = Não significativo; FCmax = Frequência cardíaca máxima durante a prova de *shuttle*; SatO₂min = Saturação de O₂ mínima durante a prova de *shuttle*

Table I – Clinical, anthropometric and respiratory function characteristics and tolerance to exercise.

	Experimental group (n = 7)	Control group (n = 5)	Statistical significance
Age (years)	63.7±8.5	65.6±5.5	NS
BMI (kg/m ²)	27.4±5.1	27.2±7.8	NS
FVC %	87.6 ± 15.1	91.8 ± 23.5	NS
FEV ₁ %	43.9 ± 10.1	57.8 ± 12.1	NS
pH (mmHg)	7.45±1.49	7.43±3.29	NS
PaO ₂ (mmHg)	67.1±7.9	70.8±11.7	NS
PaCO ₂ (mmHg)	40.8±5.6	43.0±5.5	NS
SatO ₂ (%)	93.8±1.8	93.9±2.5	NS
Plmax (cmH ₂ O)	83.3±21.4	71.2±28.6	NS
PEmax (cmH ₂ O)	136.0±25.4	130.4±11.6	NS
Shuttle Distance (m)	424.3±90.9	376.0±127.2	NS
CFmax (bpm)	132.4±15.5	122.6±11.7	NS
SatO ₂ min (%)	87.1±4.5	93.6±6.7	NS

Results are presented as mean and standard deviation

NS = Not Significant; CFmax = Maximal cardiac frequency during shuttle test; SatO₂min = Minimal O₂ saturation during shuttle test

Quadro II – Características da dispneia e de qualidade de vida

	Grupo experimental (n = 7)	Grupo de controlo (n = 5)	Significado estatístico
Índice de dispneia (total)	6,9±1,7	6,6±0,5	NS
Índice de dispneia (funcional)	1,9±1,1	1,0±0,0	NS
Índice de dispneia (tarefa)	2,4±0,5	2,6±0,5	NS
Índice de dispneia (esforço)	2,6±0,5	3,0±0,0	NS
SGRQ (score total)	44±7,36	36±8,25	NS
SGRQ (sintomas)	58±2,2	41±1,2	NS
SGRQ (actividade)	54±1,5	44±1,0	NS
SGRQ (impactos)	35±1,2	30±1,0	NS

Os resultados são apresentados como a média e o desvio-padrão (M±DP)

NS = Não significativo

Table II – Dyspnoea characteristics and quality of life

	Experimental group (n = 7)	Control group (n = 5)	Statistical significance
Dyspnoea Index (Total)	6.9±1.7	6.6±0.5	NS
Dyspnoea Index (Functional)	1.9±1.1	1.0±0.0	NS
Dyspnoea Index (Task)	2.4±0.5	2.6±0.5	NS
Dyspnoea Index (Effort)	2.6±0.5	3.0±0.0	NS
SGRQ (Total score)	44±7.36	36±8.25	NS
SGRQ (Symptoms)	58±2.2	41±1.2	NS
SGRQ (Activity)	54±1.5	44±1.0	NS
SGRQ (Impacts)	35±1.2	30±1.0	NS

Results are presented as mean and standard deviation

NS = Not significant

Análise estatística: Após se verificar, através do teste de Shapiro-Wilk, que a amostra seguia uma distribuição normal, utilizaram-se testes paramétricos nas variáveis métricas e testes não paramétricos nas restantes variáveis.

Para a análise dos resultados das variáveis métricas compararam-se os dois grupos entre si, utilizando o teste *t* de Student para amostra, emparelhadas. Para as variáveis ordinais utilizou-se o teste Wilcoxon Signed Ranks para amostras emparelhadas e o Mann Whitney para amostras independentes. Considerou-se significativo um intervalo de segurança de 95%. O programa estatístico utilizado foi o Statistic Package for the Social Sciences (SPSS 10.0 Inc.).

Resultados

De uma forma geral constatou-se homogeneidade entre os dois grupos quanto a idade, características antropométricas, dispneia, qualidade de vida, função pulmonar, força dos músculos respiratórios e tolerância ao exercício (Quadros I e II). Conforme referido, após três semanas de estudo foi excluído um doente do grupo experimental, por exacerbação de DPOC.

Dispneia

Do pré para o pós-treino não se verificaram diferenças significativas na variação de dispneia em ambos os grupos. Contudo, os doentes do grupo experimental apresentaram menor gravidade de dispneia no período pós-treino, quando comparados com o grupo de controlo (Quadro III).

Statistical analysis: After using the Shapiro-Wilk test to check that the sample had normal distribution, parametric tests were used for metric variables and non-parametric tests for remaining variables. For evaluation of the results of metric variables, the two groups were compared using Student's *t*-test to show matches. For ordinal variables the Wilcoxon Signed Ranks test was used for matching samples and the Mann Whitney test for independent samples. A safety interval of 95% was considered as significant. The Statistics Package for the Social Sciences (SPSS 10.0 Inc) software was used for analysis.

Results

There was a general homogeneity between the two groups in relation to age and anthropometric profile, dyspnoea, quality of life, lung function, respiratory muscle force and tolerance to exercise. (Tables I and II). As mentioned above, one subject from the experimental group was excluded after three weeks for exacerbation of COPD.

Dyspnoea

There were no significant differences observed in variation in dyspnoea before and after training in either group. However, subjects in the experimental group presented less severe dyspnoea during the training period than the control group (Table III)

Quadro III – Variação de dispneia (pré e pós-treino) em ambos os grupos

	Grupo experimental		Grupo de controlo	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Dispneia (total) (score)	6,9±1,7	8,1±2,9	6,6±0,5	6,0±0,7
Dispneia (funcional) (score)	1,9±1,1	2,6±1,3*	1,0±0,0	1,0±0,0*
Dispneia (tarefa) (score)	2,4±0,5	3,1±1,1	2,6±0,5	2,2±0,8
Dispneia (esforço) (score)	2,6±0,5	2,4±1,4	3,0±0,0	2,8±0,4

Os resultados são apresentados como a média e o desvio-padrão (M±DP)

* p<0,05 (comparação inter grupo experimental e de controlo nos períodos pós-treino)

Table III – Variation in dyspnoea (pre and post-training) in both groups

	Experimental group		Control group	
	Pre	Post	Pre	Post
Dyspnoea (Total) (score)	6.9±1.7	8.1±2.9	6.6±0.5	6.0±0.7
Dyspnoea (Functional) (score)	1.9±1.1	2.6±1.3*	1.0±0.0	1.0±0.0*
Dyspnoea (Task) (score)	2.4±0.5	3.1±1.1	2.6±0.5	2.2±0.8
Dyspnoea (Effort) (score)	2.6±0.5	2.4±1.4	3.0±0.0	2.8±0.4

Results are presented as mean and standard deviation

* p<0.05 (comparison of experimental and control groups in post-training period)

Função pulmonar

Do pré para o pós-treino, não se modificou nenhuma das variáveis de função pulmonar em ambos os grupos (Quadro IV).

Lung function

No variables in lung function altered from pre to post-training periods in either group (Table IV).

Quadro IV – Variação da função pulmonar em ambos os grupos

	Grupo experimental		Grupo de controlo	
	Pré	Pós	Pré	Pós
FVC (% do teórico)	87,6±15,1	93,1±15,3	91,8±23,5	87,6±19,6
FEV ₁ (% do teórico)	43,9±10,1	47,3±13,9	57,8±12,1	51,2±12,1
pH (mmHg)	7,45±1,49	7,44±2,22	7,43±3,29	7,43±3,58
PaCO ₂ (mmHg)	40,8±5,6	40,6±4,9	43,0±5,5	43,2±4,2
PaO ₂ (mmHg)	67,1±7,9	68,7±9,2	70,8±11,7	66,1±13,9
SatO ₂ (%)	93,8±1,8	94,0±1,9	93,9±2,5	92,3±3,5

Os resultados são apresentados como a média e o desvio-padrão (M±DP)

Table IV – Variation in lung function in both groups

	Experimental group		Control group	
	Pre	Post	Pre	Post
FVC (%)	87.6±15.1	93.1±15.3	91.8±23.5	87.6±19.6
FEV ₁ (%)	43.9±10.1	47.3±13.9	57.8±12.1	51.2±12.1
pH (mmHg)	7.45±1.49	7.44±2.22	7.43±3.29	7.43±3.58
PaCO ₂ (mmHg)	40.8±5.6	40.6±4.9	43.0±5.5	43.2±4.2
PaO ₂ (mmHg)	67.1±7.9	68.7±9.2	70.8±11.7	66.1±13.9
SatO ₂ (%)	93.8±1.8	94.0±1.9	93.9±2.5	92.3±3.5

Results are presented as mean and standard deviation

Tolerância ao exercício

Nenhuma das variáveis de tolerância ao exercício se alterou significativamente do pré para o pós-treino, em ambos os grupos (Quadro V).

Tolerance to exercise

No variables of tolerance to exercise showed significant alteration from pre to post-training in either group (Table V).

Quadro V – Variação da tolerância ao exercício em ambos os grupos

	Grupo experimental		Grupo de controlo	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Distância (m)	424,3±90,9	441,4±111,3	376,0±127,2	378,0±129,5
SatO ₂ min (%)	87,1±4,5	89,1±4,9	93,6±6,7	91,8±5,6
FCmax (bpm)	132,4±15,5	126,4±10,7	122,6±11,7	129,0±18,9

Os resultados são apresentados como a média e o desvio-padrão (M±DP)

Table V – Variation of tolerance to exercise in both groups

	Experimental group		Control group	
	Pre	Post	Pre	Post
Distance (m)	424.3±90.9	441.4±111.3	376.0±127.2	378.0±129.5
SatO ₂ min (%)	87.1±4.5	89.1±4.9	93.6±6.7	91.8±5.6
CFmax (bpm)	132.4±15.5	126.4±10.7	122.6±11.7	129.0±18.9

Results are presented as mean and standard deviation

Força dos músculos respiratórios

O grupo experimental aumentou a P_Imax após o TMI (Fig. 1). Quanto à P_Emax e ao grupo de controlo não se verificaram alterações significativas do pré para o pós-treino (Quadro VI).

Respiratory muscle force

The experimental group increased MIP following IMT (Fig. 1). No significant alterations were observed in MEP in the control group between pre and post-training periods.

Quadro VI – Variação da força dos músculos respiratórios em ambos os grupos

	Grupo experimental		Grupo de controlo	
	Pré	Pós	Pré	Pós
P _I max (cmH ₂ O)	83,3±21,4*	98,4±17,8*	71,2±28,6	69,2±28,3
P _E max (cmH ₂ O)	136,0±25,4	160,4±30,2	130,4±11,6	129,6±10,7

Os resultados são apresentados como a média e o desvio-padrão (M±DP)

* p<0,01 (comparação intra-grupo experimental entre o período pré e pós treino)

Table VI – Variation of respiratory muscle force in both groups

	Experimental group		Control group	
	Pre	Post	Pre	Post
MIP (cmH ₂ O)	83.3±21.4*	98.4±17.8*	71.2±28.6	69.2±28.3
MEP (cmH ₂ O)	136.0±25.4	160.4±30.2	130.4±11.6	129.6±10.7

Results are presented as mean and standard deviation

* p<0.01 comparison of experimental and control groups in post-training period

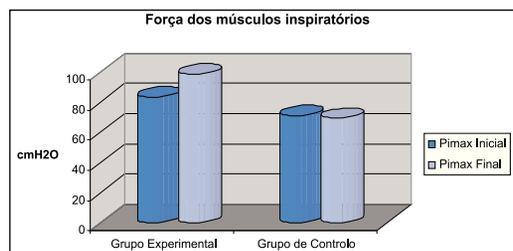


Fig. 1 – Variação da força dos músculos inspiratórios no grupo experimental e no de controlo

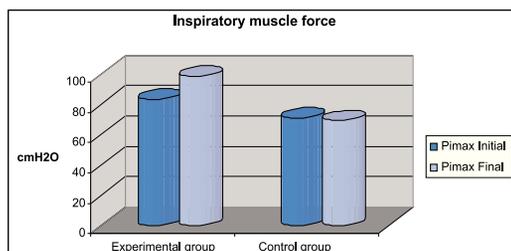


Fig. 1 – Variation of inspiratory muscle force in experimental and control groups

Qualidade de vida

Relativamente aos indicadores da qualidade de vida relacionada com a saúde, verificou-se melhoria dos scores de sintomas do SGRQ do pré para o pós-treino apenas no grupo experimental (Quadro VII).

Quality of life

An improvement in SGRQ scores relating to symptoms was seen only in the experimental group from pre to post-training periods. (Table VII).

Quadro VII – Variação da qualidade de vida em ambos os grupos

	Grupo experimental		Grupo de controlo	
	Pré	Pós	Pré	Pós
SGRQ (score total)	44±7,36	38±9,09	36±8,25	37±8,53
SGRQ (sintomas)	58±2,2*	50±2,1	41±1,2	43±9,42
SGRQ (actividade)	54±1,5	46±1,2	44±1,0	44±1,2
SGRQ (impactos)	35±1,2	30±8,44	30±1,0	31±7,98

Os resultados são apresentados como a média e o desvio-padrão (M±DP)
 * p<0,05 (comparação intra grupo experimental entre período pré e pós treino)

Table VII – Variation in quality of life in both groups.

	Experimental group		Control group	
	Pre	Post	Pre	Post
SGRQ (score total)	44±7.36	38±9.09	36±8.25	37±8.53
SGRQ (symptoms)	58±2.2*	50±2.1*	41±1.2	43±9.42
SGRQ (activity)	54±1.5	46±1.2	44±1.0	44±1.2
SGRQ (impacts)	35±1.2	30±8.44	30±1.0	31±7.98

Results are presented as mean and standard deviation
 * p<0.05 (comparison of experimental and control groups in post-training period)

Discussão

Este estudo demonstrou que doentes com DPOC moderada a muito grave melhoraram a força dos músculos inspiratórios após um protocolo de treino isolado de músculos inspiratórios. Paralelamente, constatou-se também uma melhoria de sintomas.

Tem sido sugerido por diversos autores que a realização de treino específico dos músculos inspiratórios num vasto leque de patologias, nomeadamente na DPOC, doenças neuromusculares, cifoescoliose e cirurgias cardiotorácicas, é susceptível de aumentar a força dos músculos inspiratórios³⁻⁵. Pelo contrário, as melhorias são menos evidentes ou mesmo inexistentes a nível da função pulmonar, da dispneia, da tolerância ao exercício e da qualidade de vida^{13,15,20-22}.

O protocolo aplicado no presente estudo apresentava aspectos comuns à maioria dos estudos sobre TMI em indivíduos com DPOC¹⁷, no que diz respeito ao número de doentes incluídos, à duração e frequência de treino de cada sessão (30 minutos uma vez/dia), à intensidade do treino exercida (40 a 50% da P_Imax) e à duração total do programa de treino (cinco dias por semana ao longo de cinco semanas).

No nosso estudo não constatámos melhoria da dispneia no grupo de treino, ao contrário do referido nalguns estudos publicados^{3-5,17}. Contudo, a diferença intergrupo experimental e de controlo no pós-treino parece apontar de forma indirecta para uma tendência para a melhoria da dispneia no grupo experimental. Uma das possíveis explicações para este resultado poderá dever-se ao facto de a dispneia ser uma variável não totalmente dependente da força dos músculos inspiratórios¹³. Outro aspecto adicional poderá relacionar-se com o instrumento de avaliação da dispneia por nós utilizado. Efectivamente,

Discussion

This study demonstrated that moderate to very severe COPD patients improved inspiratory muscle force after an protocol of isolated inspiratory muscle training. There was also a parallel improvement in symptoms.

A number of authors have suggested that specific training of inspiratory muscles for a wide range of pathologies, particularly COPD, neuromuscular diseases, cyphoscoliosis and cardiac chest surgery, will increase inspiratory muscle force³⁻⁵. In contrast, improvements in lung function, dyspnoea, tolerance to exercise and quality of life are less evident or even non-existent^{13,15,20-22}.

The protocol we used presented aspects common to the majority of research on IMT in patients with COPD¹⁷ in terms of the number of patients included, duration and frequency of each training session (30 minutes each time/daily), intensity of training (40 to 50% of MIP) and total training programme duration (five days per week for a five-week period).

We did not confirm improvement in dyspnoea in our study, in contrast to other literature cited^{3-5,17}. However, the variation between the experimental and control groups after training, appears to show indirectly that there is a tendency for improvement of dyspnoea in the experimental group. A possible explanation for this result could be due to the fact that dyspnoea is a variable that is not totally dependent on inspiratory muscle force¹³. Another additional factor could relate to the dyspnoea evaluation tool that we used. The Mahler indices, despite proving themselves reliable and valid scales, could have sufficient insensitivity to determine lower levels

Doentes com DPOC moderada a muito grave melhoraram a força dos músculos inspiratórios após um protocolo de treino isolado de músculos inspiratórios

os índices de Mahler, apesar de demonstrarem ser escalas fiáveis e válidas, poderão não ter sensibilidade e precisão para determinar amplitudes de variação menores, acrescendo o facto de termos uma amostra reduzida. Por outro lado, a melhoria dos sintomas na escala de qualidade de vida suporta uma eventual repercussão do TMI a nível da dispneia, uma vez que esta é o sintoma *major* no doente com DPOC. A incapacidade de demonstração de melhoria da dispneia no grupo experimental (recorrendo aos índices de Mahler), associada a uma melhoria dos sintomas através do SGRQ, poderá apontar para uma supremacia deste último questionário na avaliação dos sintomas destes doentes.

No presente estudo, também não se constataram alterações nos parâmetros de função pulmonar avaliados, o que está de acordo com resultados de diversos estudos publicados¹⁷. Harver *et al.*¹⁵ justificam esta constatação pelo facto de a especificidade do treino dirigida apenas aos músculos inspiratórios excluir outras variáveis influenciadoras da mecânica ventilatória.

Também no que diz respeito à tolerância ao exercício, neste estudo não constatamos diferenças significativas após a realização do protocolo experimental. Quanto a esta variável, as publicações são controversas, parecendo haver evidência de que apenas beneficiarão, em termos de melhoria da tolerância ao esforço, aqueles doentes que à partida apresentam diminuição da força dos músculos inspiratórios²³. Atendendo a que os doentes do nosso estudo não apresentavam diminuição da força dos músculos inspiratórios (Quadro I), é possível que esta seja a razão porque não foi objectivado benefício na tolerância ao esforço, visto que nestas circunstâncias a força dos músculos respiratórios não constituiria factor limitativo da tolerância ao exercício²⁴.

of variation, added to the fact that we had a reduced sample. Furthermore, improvement of symptoms in the quality of life scale supports the possible impact of IMT on dyspnoea, as this is the major symptom of the COPD patient. The inability of the Mahler indices to demonstrate dyspnoea improvement in the experimental group, coupled to improvement of symptoms through the SGRQ, could indicate that the latter is a valuable tool in evaluation of these patients' symptoms.

This study did not observe alterations in parameters of lung function studied, which is in keeping with the findings of other research¹⁷. Harver *et al.*¹⁵ justified this observation by the specific nature of training targeted only at inspiratory muscles ruling out other variables with an influence on the ventilatory mechanism.

Also in relation to tolerance to exercise, this study did not find significant differences after the administration of the experimental protocol. The literature is undecided over this variable and there is evidence that this is only of benefit to patients who show initial reduced inspiratory muscle force²³. As the subjects in our study did not present reduced inspiratory muscle force (Table I), it is possible this could be the reason there was no benefit gained from tolerance to effort, as in these circumstances respiratory muscle force does not constitute a factor limiting tolerance to exercise²⁴.

Lastly, the most relevant data in the protocol of inspiratory muscle training used by us was the undisputed demonstration of improved inspiratory muscle force in the training group, which is in keeping with the most recent findings in the literature^{17,23}.

Apenas beneficiarão, em termos de melhoria da tolerância ao esforço, aqueles doentes que à partida apresentem diminuição da força dos músculos inspiratórios

Finalmente, o dado mais relevante do protocolo de treino dos músculos inspiratórios por nós utilizado foi a demonstração inequívoca da melhoria da força dos músculos inspiratórios no grupo de treino, o que está de acordo com dados mais recentes da literatura^{17,23}. O aumento da força dos músculos inspiratórios induzido pelo protocolo de TMI é hoje entendido, como decorrente de alterações adaptativas na estrutura dos intercostais externos. Efectivamente, Ramirez Sarmiento¹⁸ demonstrou que a melhoria da força dos músculos inspiratórios induzida pelo TMI decorria de um aumento na proporção das fibras tipo I e no tamanho das fibras de tipo II dos músculos intercostais externos.

A população com DPOC tem sido sem dúvida a mais estudada quanto ao TMI, sendo que os estudos realizados apresentam protocolos de treino variados, apontando um número considerável de estudos para a ausência ou escassez de benefícios do TMI. Estes resultados são justificados em parte pelo tipo de instrumento de treino, pela falta de controlo rigoroso da carga inspiratória ou ainda pela deficiente intensidade de treino^{21, 22}.

No que diz respeito aos efeitos benéficos por nós detectados com o protocolo de treino utilizado, importa não desperceber que, alguns dos efeitos positivos do treino, nomeadamente a melhoria dos sintomas, poderiam ser atribuídos ao efeito placebo do *threshold*, uma vez que o grupo-controlo não fez qualquer tipo de TMI. Contudo, esta interpretação parece-nos pouco provável, face aos efeitos detectados na melhoria da força dos músculos inspiratórios. Dentro dos factores que com grande probabilidade terão contribuído para os efeitos positivos do nosso protocolo de TMI, encontram-se não só o instrumento de treino, mas também as próprias características

Increased inspiratory muscle force induced by an IMT protocol is today understood as a result of adaptive alterations in the structure of the external intercostals. Ramirez Sarmiento¹⁸ demonstrated that improved inspiratory muscle force induced by IMT follows an increase in the proportion of type-1 fibres and in the size of type-II fibres in the external intercostals. The COPD population has without doubt been the most studied group in relation to IMT. Research has proposed varied training protocols and many studies have found a lack of or reduced benefits to IMT. These results are partially justified by the type of training tool, through lack of rigorous control of the inspiratory load or even incorrect training intensity^{21,22}.

Regarding the beneficial effects we observed with the training protocol used, it is appropriate to understand that some of the positive results of training, particularly improvement of symptoms, could be attributed to the threshold placebo effect because the control group did not undertake any type of IMT. However, this interpretation appears to us to be unlikely in the light of the results in improvement in inspiratory muscle force.

Factors with a high probability of having contributed to the positive effects of our IMT protocol not only include training tools, but also the specific training characteristics. Our option for threshold was due to it being regarded by various studies as the instrument of choice, as it induces constant pressure independent of respiratory debt^{23,25}. Additionally, it is important to note that the training sessions were supervised and undertaken with control of respiratory rhythm (six cycles per minute).

O aumento da força dos músculos inspiratórios induzido pelo protocolo de TMI é hoje entendido como decorrente de alterações adaptativas na estrutura dos intercostais externos

do treino. Relativamente à nossa opção pelo *threshold*, esta decorreu do facto de ser considerado, por vários estudos, como o instrumento de eleição face ao facto de induzir uma pressão constante independentemente do débito respiratório^{23,25}. Por outro lado, importa destacar que as sessões de treino foram supervisionadas e realizadas com controlo do ritmo respiratório (seis ciclos por minuto). A utilização de marcadores sonoros para controlo do ritmo respiratório foi também uma inovação deste protocolo relativamente aos estudos publicados nesta área. A introdução do ritmo sonoro, no presente protocolo de treino, levou a que os doentes efectuassem o mesmo ritmo respiratório (inspiração/expiração) durante o mesmo período de treino. Por último, atendendo a que à melhoria funcional da força dos músculos inspiratórios se associou uma melhoria subjectiva nos sintomas, parece-nos pertinente a inclusão de protocolos de TMI com características idênticas ao nosso, nos programas de reabilitação respiratória de doentes com DPOC.

Bibliografia / Bibliography

- Gosselink R, Decramer M. Inspiratory muscle training: where are we? *Eur Respir J* 1994;7,2103-5.
- Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol* 1976;41(4):508-16.
- Kim MJ, Larson JM, Covey MK, Vitalo CA, Alex CG, Patel M. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Nursing Research* 1993;42(6):356-62.
- Larson JM, Kim MJ, Sharp JT, Larson DA. Inspiratory muscle training with a pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:689-95.
- Lisboa C, Villafranca C, Leiva A, Cruz E, Pertuzé J, Borzone G. Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: effect on exercise performance. *Eur Respir J* 1997;10:537-42.
- Ferreira JMR, Cardoso AP, Rodrigues F, Sá R. Provas de função pulmonar: Controlo de qualidade (2.ª parte). *Rev Port Pneumol* 2002;8(1),33-63.
- Belman MJ, Sieck GC. Clinical significance of pulmonary function tests: the ventilatory muscles – fatigue, endurance and training. *Chest* 1982;6:761-66.
- Karvonen J, Saarelainen S, Nieminen MM. Measurement of respiratory muscle forces based on maximal inspiratory and expiratory pressures. *Respiration* 1994; 61:28-31.
- Morgan DL, Singh SJ. Cardiopulmonary function testing. In Pryor JA, Webber BA (Eds.), *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems* (pp. 51-72). Edinburgh: Churchill Livingstone. (1996).
- Rochester DE. Tests of respiratory muscle function. *Clin Chest Med* 1988;9(2),249-61.

Parece-nos pertinente a inclusão de protocolos de TMI com características idênticas ao nosso nos programas de reabilitação respiratória de doentes com DPOC

11. Bárbara C. Músculos respiratórios: Da normalidade à doença pulmonar obstrutiva crónica. Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica – trabalho de síntese. Lisboa. (1997).
12. Singh SJ, Morgan MDL, Scott S, Walters D, Hardman AF. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax* 1992;47,1019-24.
13. Lisboa C, Munoz V, Leiva A, Cruz E. (1994). Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: comparison of two different training loads with a threshold device. *Eur Respir J* 1994;81,757-63.
14. Rutchik A, Weissman AR, Almenoff PL, Spungen AM, Bauman WA, Grimm DR. (1998). Resistive inspiratory muscle training in subjects with chronic cervical spinal cord injury. *Arch Physical Med Rehab* 1998;79,293-7.
15. Harver A, Mahler DA, Daubenspeck JA. Target inspiratory muscle training improves respiratory muscle function and reduces dyspnoea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Int Med* 1989; 111:117-24.
16. Jones PW, Quirck FH, Baveystock CM, Johns PL. A self-complete measure for chronic airflow limitation – The St. George's Respiratory Questionnaire. *Am Rev Respir Dis* 1992;145,1321-7.
17. Mahler DA. Ventilatory muscle training. In Hodgkin JE, Celli BR, Connors GL (Eds.), *Pulmonary rehabilitation guidelines to success* (pp. 165-172). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. (2000).
18. Ramírez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Guell R, Barreiro E, Hernandez N, Mota S, Sangenis M, Broquetas JM, Casan P, Gea J. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166,1491-7.
19. GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) – www.goldcopd.com/ – última visita a 20.01.2007.
20. Cahalin LP, Semigran MJ, Dec GW. Inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure awaiting cardiac transplantation: results of a pilot clinical trial. *Physical Therapy* 1997;77:830-8.
21. Belman MJ, Botnick WC, Nathan SD, Chon KI. Ventilatory load characteristics during ventilatory muscle training. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149: 925-9.
22. Smith K, Cook D, Guyatt GH, Madhavan J, Oxman A. Respiratory muscle training in chronic airflow limitation: a meta-analysis. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:533-9.
23. Lotters F, Van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R. Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur Respir J* 2002;20(3):570-7.
24. Fitting JW. Respiratory muscle fatigue limiting physical exercise? *Eur Respir J* 1990;4:103-8.
25. Perez T. Intérêt du threshold. *Journées Internationales en Kinésithérapie Respiratoire Instrumentale*. Lille: Hôpital Calmette. (2000).