

Reabilitação pulmonar: fatores relacionados ao ganho aeróbio de pacientes com DPOC*

JOSÉ ALBERTO NEDER¹, LUIZ EDUARDO NERY², SÔNIA PEREZ CENDON FILHA³,
IVONE MARTINS FERREIRA³, JOSÉ ROBERTO JARDIM⁴

Objetivo: Determinar, em pacientes com DPOC submetidos a reabilitação pulmonar (RP), as características clínico-funcionais, da avaliação inicial, relacionadas com o ganho aeróbio efetivo (GAE) após treinamento físico supervisionado. **Material e métodos:** Antes e após um programa multidisciplinar de RP, foram efetuados em 36 homens com DPOC (25 com doença leve a moderada): avaliação clínica e antropométrica, teste da marcha incentivada de seis minutos (TM6), espirometria, gasometria arterial, mensuração das pressões respiratórias máximas e teste de exercício cardiopulmonar máximo limitado por sintomas (MGC-CPX System). Como parte do programa, os pacientes foram submetidos a treinamento supervisionado de membros superiores e inferiores (24 sessões/60 minutos) com a frequência cardíaca-alvo (FC) ao nível do limiar aeróbio (LA). Nos pacientes sem LA identificado (n = 6), o treinamento foi realizado na carga correspondente a 90% da FC máxima atingida. **Resultados:** O consumo máximo de oxigênio inicial ($\dot{V}O_{2,max}$) correlacionou-se negativamente com a idade e positivamente com o índice de massa corpórea (IMC), pressão inspiratória máxima ($P_{i,max}$) e o volume expiratório forçado no 1º segundo ($VE_{F,1}$) – $p < 0,05$. Após RP, um aumento da tolerância ao exercício submáximo (distância percorrida no TM6 pós-pré/pré > 10% e 25m) foi observado em 29 pacientes (80,5%); entretanto, GAE ($\dot{V}O_{2,max}$ e/ou LA pós-pré/pré > 10% e 100ml) foi evidenciado em apenas 15 indivíduos (41,6%). O GAE esteve associado com as seguintes variáveis da avaliação inicial: idade < 65 anos, LA < 40% do $\dot{V}O_{2,max}$ previsto (prev.), IMC > 18,5, $VE_{F,1}$ > 60% prev. e $P_{i,max}$ > 60% prev. ($p < 0,05$). Aumento da $P_{i,max}$ e do IMC e redução do escore de dispnéia no exercício máximo foram observados apenas no grupo com GAE ($p < 0,05$). **Conclusões:** Aumento da tolerância ao exercício dinâmico submáximo foi observado na maioria dos pacientes com DPOC submetidos a RP; entretanto, ganho aeróbio efetivo (GAE) ocorreu sobretudo nos pacientes mais jovens, eutróficos, com lactacidose de exercício precoce e com menor acometimento funcional pulmonar basal. A ocorrência de GAE associou-se com aumento do IMC e da $P_{i,max}$ e com redução significativa da dispnéia no exercício máximo. (*J Pneumol 1997;23(3):115-123*)

Pulmonary rehabilitation: factors related to aerobic improvement in COPD patients

Objective: To establish clinical and functional baseline characteristics related to aerobic improvement (AI) after supervised training, in COPD patients submitted to a comprehensive pulmonary rehabilitation program (PR). **Material and methods:** Before and after PR was performed in 36 male COPD patients (25 with mild to moderate disease): clinical and anthropometric evaluation, 6-minute walking test, spirometry, arterial blood gas analysis, maximum inspiratory and expiratory pressure measurement, and a symptom-limited incremental cardiopulmonary exercise testing (MGC-CPX System). Supervised training intensity was targeted at the heart rate (HR) corresponding to anaerobic threshold (AT) or at 90% of the maximum HR attained. **Results:** Initial maximum oxygen consumption ($\dot{V}O_{2,max}$) was negatively correlated with age and positively with the body mass index (BMI), the maximum inspiratory pressure (MIP) and the forced expiratory volume in one second (FEV_{1}) – $p < 0.05$. After PR, an increment on submaximal exercise tolerance was found in 29 patients (80.5%); however, AI was only found in 15 individuals (41.6%). AI was associated to the following baseline variables: age < 65 years, AT < 40% of $\dot{V}O_{2,max}$ pred, BMI > 18.5, FEV_{1} > 60% pre and MIP > 60% pred ($p < 0.05$). Improvement in MIP and BMI and decrease in the maximum dyspnea score were found only in patients with AI ($p < 0.05$). **Conclusion:** Supervised pulmonary rehabilitation in a group of COPD patients was able to increase the submaximal exercise tolerance in most of them. Aerobic improvement was more prevalent in the younger, eutrophic, detrained and least obstructed patient; it was associated with an increment in BMI and MIP and decrease in the maximal dyspnea score after training.

* Trabalho realizado no Laboratório de Exercício e no Centro de Reabilitação Pulmonar da Disciplina de Pneumologia da Unifesp-EPM. Parcialmente financiado pelo CNPq e FAPESP.

1. Doutor em Medicina: Pneumologia pela Disciplina de Pneumologia da Unifesp-EPM. Bolsista da FAPESP, em nível de Pós-doutorado, em Fisiologia do Exercício.
2. Professor Adjunto-Doutor da Disciplina de Pneumologia da Unifesp-EPM.

3. Doutor em Medicina: Pneumologia pela Disciplina de Pneumologia da Unifesp-EPM.

4. Professor Adjunto-Doutor e Chefe da Disciplina de Pneumologia da Unifesp-EPM.

Endereço para correspondência – Luiz Eduardo Nery, Disciplina de Pneumologia, Unifesp-EPM, Rua Botucatu, 740 – 3º andar – 04023-062 – São Paulo, SP, Brasil. Fax: (011) 549-2127

Recebido para publicação em 21/3/97. Reapresentado em 15/5/97. Aprovado, após revisão, em 28/5/97.

Descritores – DPOC. Reabilitação pulmonar. Exercício. Consumo de oxigênio. Treinamento físico.

Key words – COPD. Pulmonary rehabilitation. Exercise training. Physical fitness. Maximal oxygen uptake.

INTRODUÇÃO

Programas estruturados e multidisciplinares de reabilitação pulmonar (RP) têm apresentado considerável impacto na qualidade de vida de pacientes com diversas doenças respiratórias, sobretudo daqueles com o complexo bronquite crônica-enfisema pulmonar⁽¹⁻⁴⁾. Entre os objetivos de tais programas, destaca-se o aumento da tolerância ao exercício dinâmico, o qual associa-se, entre outros, com diminuição da dispnéia nas atividades cotidianas, redução do nível de dependência do paciente em relação aos cuidados médicos e atitude positiva frente à doença⁽¹⁻⁴⁾.

O aumento da tolerância ao exercício dinâmico, seja no desempenho máximo quanto na capacidade de *endurance*, pode dever-se a uma miríade de fatores, dentre eles uma melhora real da potência aeróbia. A presença ou não desta última, após treinamento físico de pacientes com DPOC, foi alvo de intensa divergência, ao contrário da sua ocorrência bem estabelecida após reabilitação cardiovascular⁽⁵⁾. Belman *et al.*, avaliando o efeito do treinamento em pacientes com DPOC, não encontraram evidências morfológicas e bioquímicas musculares compatíveis com incrementos funcionais aeróbios, sugerindo que a pronunciada limitação ventilatória destes pacientes impediria o alcance de uma intensidade de treinamento suficiente para induzir melhora aeróbia⁽⁶⁾. Entretanto, trabalhos posteriores demonstraram que a maioria dos indivíduos com DPOC leve a moderada e intensamente sedentários apresenta precocemente o limiar anaeróbio (LA), tornando-os susceptíveis aos efeitos do treinamento, mesmo que em cargas absolutas baixas⁽⁷⁻¹⁰⁾.

Todavia, considerável controvérsia ainda permanece quanto aos fatores pré-reabilitação que estariam associados a um potencial de ganho aeróbio efetivo (GAE). Casaburi *et al.*, avaliando 19 pacientes com DPOC moderada, sugeriram que a habilidade em se determinar o LA seria um marcador confiável da capacidade de responder positivamente ao treinamento⁽⁹⁾. Niederman *et al.* relataram em 33 pacientes com doença variando de leve a grave (VEF₁ entre 0,3 e 3,8L) que a função pulmonar basal não se correlacionou com o potencial de melhora, sendo este inversamente relacionado com o grau de aptidão aeróbia inicial⁽¹⁰⁾. Por outro lado, num modelo preditivo da capacidade máxima de exercício de pacientes com DPOC, de ampla aceitação, o VEF₁ foi considerado como variável independentemente relacionada⁽¹¹⁾. Outros autores discordam substancialmente da relevância da idade como fator limitante do potencial de resposta ao treinamento aeróbio. Assim, enquanto Cockcroft *et al.* ex-

Síglas e abreviaturas utilizadas neste trabalho

BD – Broncodilatador
CVF – Capacidade vital forçada
DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crônica
f – Frequência respiratória
FC – Frequência cardíaca
GAE – Ganho aeróbio efetivo
IMC – Índice de massa corpórea
max – Relativo ao exercício máximo
PaO₂ – Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial
PaCO₂ – Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial
PFA – Perda funcional aeróbia
prev – Previsto
PImax – Pressão inspiratória máxima
PEmax – Pressão expiratória máxima
Pulso de O₂ – consumo de oxigênio por frequência cardíaca
R – Coeficiente de trocas respiratórias
RP – Reabilitação pulmonar
SaO₂ – Saturação de oxiemoglobina
Ti/Ttot – Tempo inspiratório/total do ciclo (tempo de trabalho efetivo)
TM6 – Teste da marcha de 6 minutos
VCO₂ – Liberação de dióxido de carbono
V_E – Volume minuto
V_E/VCO₂ – Equivalente ventilatório para o dióxido de carbono
V_E/VO₂ – Equivalente ventilatório para o oxigênio
VEF₁ – Volume expiratório forçado no 1º segundo da capacidade vital
VO₂ – Consumo de oxigênio
VO₂LA – Consumo de oxigênio ao nível do limiar anaeróbio
V_I/Ti – Fluxo inspiratório médio
VVM – Ventilação voluntária máxima
WR – Taxa de trabalho ou potência

cluíram pacientes acima de 70 anos no seu estudo controlado e randomizado⁽¹²⁾, Couser *et al.* encontraram ganhos aeróbios significativos numa população acentuadamente idosa⁽¹³⁾. Em nosso meio, onde programas de RP são ainda escassos, desconhecemos qualquer publicação prévia que envolva avaliação cardiorrespiratória de exercício após RP em grande número de pacientes com DPOC.

Dessa forma, o objetivo deste estudo, envolvendo pacientes com DPOC submetidos a um programa de reabilitação pulmonar, foi o de identificar os fatores clínico-funcionais basais relacionados com possíveis modificações na esfera aeróbia após treinamento supervisionado.

CASUÍSTICA E MÉTODO

Amostra

Os participantes foram encaminhados ao Centro de Reabilitação Pulmonar a partir do Serviço Ambulatorial da Disciplina de Pneumologia da Unifesp-EPM e de serviços privados de atendimento pneumológico da cidade de São Paulo, no período de agosto de 1993 a novembro de 1996. Foram

incluídos, prospectivamente, 36 indivíduos do sexo masculino, entre 48 e 74 anos, com critérios clínico-funcionais compatíveis com a DPOC⁽¹⁴⁾.

Critérios de inclusão

Foram avaliados todos os indivíduos encaminhados ao Centro de Reabilitação com diagnóstico clínico-funcional de DPOC, estáveis clinicamente, sem períodos de inatividade física recente, ex-tabagistas há no mínimo três meses e sem contra-indicações para a realização segura dos testes e do treinamento⁽¹⁵⁾. Cinquenta e dois pacientes foram referidos para avaliação ergométrica. Destes, 16 foram afastados do protocolo: seis por alterações cardiovasculares detectadas no teste de exercício cardiopulmonar, quatro por agudização da insuficiência respiratória crônica, cinco por abandono do programa (todos por problemas sociais), sendo que um paciente faleceu após quadro pneumônico.

Protocolo

No Centro de Reabilitação, os pacientes foram submetidos, previamente e após o programa de reabilitação pulmonar, ao seguinte protocolo: avaliação clínica, antropométrica e da tolerância ao exercício submáximo (teste da marcha incentivada de 6 minutos-TM₆). Avaliação funcional respiratória (espirometria, gasometria arterial e pressões respiratórias máximas) e cardiopulmonar no exercício foram efetuadas nos Laboratórios de Exercício e de Função Pulmonar da Disciplina de Pneumologia da Unifesp-EPM.

A aplicação do protocolo de avaliação pós-reabilitação foi adiada nos pacientes que apresentavam evidências clínico-funcionais de desestabilização funcional respiratória transitória, com redução superior a 10% e 100mL no VEF₁ pré-broncodilatador. Após conduta apropriada, os pacientes foram reencaminhados depois de cumprirem as 24 sessões de treinamento programadas, com no mínimo 11 sessões consecutivas prévias à avaliação.

Instrumentos

Avaliação clínica e antropométrica – História clínica e exame físico completo foram obtidos em todos os pacientes. Massa corporal (kg) e estatura sem sapatos (m) foram aferidos numa balança calibrada (*Filizola*[®]), seguindo os padrões estabelecidos. O índice de massa corpórea (IMC, peso/estatura²) foi empregado para o diagnóstico nutricional: desnutrição (IMC < 18,5), eutrofia (IMC entre 18,5 e 24,99), obesidade grau I (IMC entre 25 e 29,99), obesidade grau II (IMC entre 30 e 39,99), obesidade grau III (IMC > 40)⁽¹⁶⁾. As características antropométricas da amostra avaliada estão sumarizadas na tabela 1.

Espirometria – Espirometria simples foi realizada antes e após inalação de 200mcg de salbutamol via aerossol dosificador conectado à máscara facial. Para tanto, empregou-se o módulo de fluxo/volume do sistema metabólico *MGC-CPX* (*Medical Graphics Corp*, St. Paul, MN, EUA) conectado a um pneumotacógrafo do tipo *Fleisch* nº 3. Calibração diária foi efetuada com uma seringa de 3L, com cinco diferen-

TABELA 1
Características demográficas e antropométricas de 36 pacientes com DPOC, pré e pós-reabilitação pulmonar

Variável	Pré-reabilitação (x ± DP)	Pós-reabilitação (x ± DP)
Idade (anos)	65,5 ± 8,8	65,7 ± 8,6
Peso (kg ⁻¹)	67,5 ± 12,8	68,8 ± 11,5
Estatura (m)	1,65 ± 0,10	1,65 ± 0,10
IMC (kg/m ²)	22,8 ± 8,5	23,2 ± 9,7

tes padrões de fluxo. Os testes foram efetuados na posição ortostática com clipe nasal, sob temperatura entre 17 e 23 C, pressão barométrica entre 687 e 700mmHg e umidade relativa do ar variando entre 68 e 84%. Procedimentos técnicos, critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade foram os recomendados pela *American Thoracic Society*⁽¹⁷⁾ e pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia⁽¹⁸⁾. Os valores de referência empregados foram os de Knudson *et al.*⁽¹⁹⁾. Em todos os pacientes foram obtidas três curvas expiratórias forçadas tecnicamente aceitáveis. A ventilação voluntária máxima foi estimada a partir do produto VEF₁ x 40⁽²⁰⁾. Todos os volumes obtidos foram corrigidos e expressos em condições BTPS. Resposta positiva ao broncodilatador (BD) foi considerada presente quando observado um incremento no VEF₁ igual ou maior do que 12% e 200mL^(17,18).

Gasometria arterial – A medida das pressões gasosas parciais de oxigênio e dióxido de carbono no sangue arterial periférico (PaO₂ e PaCO₂, mmHg), colhido na artéria radial sob técnica padronizada, foi efetuada empregando-se um eletrodo polarográfico de Clark e um eletrodo de pH modificado (*Severinghaus*), respectivamente. O pH foi medido anaerobiamente num eletrodo de vidro.

Mensuração das pressões respiratórias máximas – A pressão inspiratória e a expiratória máxima (P_{imax} e P_{emax}, respectivamente) foram mensuradas por manovacuometria (manuvacuômetro *Imebrás*[®], ± 150cmH₂O). A P_{imax} foi determinada após o paciente exalar da capacidade pulmonar total (CPT) até o volume residual (VR), com subsequente esforço máximo inspiratório contra uma válvula ocluída. A P_{emax} foi aferida após o paciente inalar do VR à CPT, com subsequente esforço expiratório máximo contra a citada válvula. Foram considerados aceitáveis os valores estáveis por no mínimo um segundo, sendo escolhido o maior valor de cinco manobras aceitáveis e reprodutíveis (variação interesseforço menor do que 10%). Este valor foi comparado com o obtido em outros quatro dias sucessivos, com o intuito de afastar o efeito aprendido. Os valores de referência utilizados foram os propostos por Black e Hyatt⁽²¹⁾.

Teste da marcha incentivada de seis minutos – Neste teste foi determinada a distância percorrida em corredor numa marcha de seis minutos com acompanhamento e encorajamento contínuo padronizado⁽²²⁾. Durante a mesma, a

saturação da oxiemoglobina foi aferida continuamente por oximetria de pulso. Na eventualidade de dessaturação significativa ($\text{SaO}_2 < 90\%$), foi fornecida oxigenoterapia por cânula nasal a partir do reservatório portátil, transportado pelo observador. Foram realizados dois ou mais testes em cada paciente, até que o maior valor obtido e considerado não fosse proveniente do último teste.

Teste de exercício cardiopulmonar (CPX) – Teste de exercício cardiopulmonar progressivo ao máximo foi realizado utilizando-se um sistema metabólico computadorizado de obtenção semi-automática, respiração-por-respiração, de variáveis metabólicas, ventilatórias e cardiovasculares (*MGC-CPX System, Medical Graphics Corp.-MGC, St. Paul, MN, EUA*). Empregou-se um cicloergômetro de membros inferiores de frenagem eletromagnética (*CPE 2000, Medical Graphics Corp.-MGC, St. Paul, MN, EUA*), seguindo um protocolo de incremento linear de carga a cada minuto (“rampa”). Durante o teste, o ar expirado era direcionado através de uma válvula de não-reinalação de duas vias (*Hans-Rudolph 2600*) para um módulo de fluxo/volume (pneumotacógrafo *Fleisch* nº 3), por uma linha de amostra a vácuo, para um módulo de análise ultra-rápida das frações expiradas de O_2 e CO_2 (analisadores eletroquímico e por infravermelho, respectivamente). Estes sinais analógicos eram alinhados temporalmente, por um microprocessador específico, e em associação com os sinais de atividade elétrica cardíaca e oximetria de pulso eram enviados digitalmente para um *software* dedicado (*Desktop Series, Medical Graphics Corp.-MGC, St. Paul, MN, EUA*), o qual dispunha gráfica e numericamente as variáveis obtidas⁽²³⁾.

A intensidade do incremento de carga foi calculada com o intuito da duração do teste oscilar entre 8 e 12 minutos. Durante o teste, os pacientes eram ativamente encorajados pelo mesmo observador a manter uma taxa de rotação do ergômetro em torno de 60rpm até a exaustão ou surgimento de sintoma(s) limitante(s). Subseqüentemente ao teste, os pacientes relatavam a natureza e a intensidade do(s) sintoma(s) limitante(s) (escala de Borg modificada)⁽²⁴⁾.

As seguintes variáveis foram obtidas respiração-por-respiração e, com o intuito de reduzir as variações inter e intraciclos respiratórios, amostradas como média móvel (*moving average*) de oito ciclos: consumo de oxigênio (VO_2 , ml/min STPD); produção de dióxido de carbono (VCO_2 , ml/min STPD); coeficiente de trocas respiratórias (R ou VCO_2/VO_2); volume minuto (V_E , l/min BTPS); frequência respiratória (f, irpm); equivalentes ventilatórios para o O_2 e o CO_2 (V_E/VO_2 e V_E/VCO_2); pressão parcial expiratória final de O_2 e CO_2 ($\text{P}_{\text{EF}\text{O}_2}$ e $\text{P}_{\text{EF}\text{CO}_2}$, mmHg); tempo de trabalho efetivo (Ti/Ttot); fluxo inspiratório médio (V_T/Ti , l/s); frequência cardíaca (FC, bpm) e pulso de oxigênio (VO_2/FC , ml/batimento). O consumo de oxigênio no pico de atividade (VO_2 de pico) foi considerado equivalente ao VO_2max , sendo este comparado com os previstos de Hansen *et al.*⁽²⁵⁾.

O VO_2 ao nível do limiar anaeróbio (VO_2LA) foi identificado pelo método da troca gasosa, determinando-se o ponto de inflexão do VCO_2 em relação ao VO_2 (*V-slope* modificado)⁽²⁶⁾, e pelo método ventilatório, quando o V_E/VO_2 e o $\text{P}_{\text{EF}\text{O}_2}$ aumentavam enquanto o V_E/VCO_2 e o $\text{P}_{\text{EF}\text{CO}_2}$ permaneciam estáveis. O limite inferior da normalidade para o VO_2LA foi estabelecido como 40% do VO_2max previsto⁽²⁵⁾.

O(s) mecanismo(s) de limitação ao exercício máximo (VO_2max reduzido) foram sugeridos seguindo-se as recomendações de Nery *et al.*⁽²⁷⁾ e Wasserman *et al.*⁽²⁸⁾. Assim, limitação ventilatória foi considerada presente nos pacientes com dispnéia como principal sintoma limitante, relação $\text{V}_E\text{max}/\text{VVM} > 0,8$, padrão ventilatório de alta frequência e baixo volume corrente e reserva cronotrópica acima de 0,3. Alteração significativa na troca gasosa pulmonar foi definida nos pacientes com dessaturação da oxiemoglobina superior a 4%. Limitação circulatória (central e/ou periférica) foi sugerida nos pacientes com dor nas pernas e/ou fadiga geral como principal sintoma limitante, LA precoce e inclinação reduzida da curva do pulso de O_2 . A presença de alterações eletrocardiográficas características estabeleceu a etiologia da limitação como cardiogênica⁽¹⁵⁾.

Treinamento aeróbio

Treinamento aeróbio supervisionado por pessoal médico e paramédico foi oferecido como parte do programa de reabilitação pulmonar, o qual incluía fisioterapia respiratória, atividades educacionais, orientação nutricional e psicológica, técnicas de conservação de energia nas atividades da vida diária, relaxamento e controle respiratório. Acompanhamento médico constante foi mantido em todas as sessões de treinamento. Oxigenioterapia por cânula nasal (1-3L/min) durante o treinamento foi oferecida a 12 pacientes, com o intuito de manter a $\text{SaO}_2 > 90\%$.

Tipicamente, uma sessão consistia de 30 minutos de um período de aquecimento com exercícios calistênicos e de alongamento, 30 minutos de atividade aeróbia contínua em cicloergômetro e/ou esteira (com frequência cardíaca-alvo correspondente ao limiar anaeróbio ou 90% da FCmax atingida nos indivíduos sem LA identificado), 30 minutos de treinamento da resistência muscular de membros superiores com movimentos em diagonais utilizando pesos leves e 20 a 30 minutos de relaxamento e esfriamento. Todos os participantes realizaram três sessões de treinamento por semana durante oito semanas (total mínimo de 24 sessões).

Análise estatística

Todas as variáveis contínuas estão representadas como média aritmética com seu respectivo desvio-padrão ($\bar{X} \pm \text{DP}$). Os seguintes testes estatísticos foram realizados num microcomputador pessoal: a) teste *t* pareado, na comparação de modificações entre avaliações dentro de um mesmo grupo; b) teste *t* não-pareado, na comparação de modificações entre avaliações dentro de grupos distintos; c) regressão linear, na determinação do grau de correlação entre variáveis não-

relacionadas; d) teste de McNemar para a significância de mudanças na mensuração do grau de associação entre amostras relacionadas; e) teste de Mann-Whitney, na análise das variações percentuais entre grupos distintos. Para todos os testes, assumiu-se um risco alfa menor do que 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Avaliação clínica e nutricional

De acordo com o estadiamento clínico-funcional proposto pela *American Thoracic Society*⁽¹⁴⁾, 11 pacientes foram considerados portadores de doença em estágio avançado (III), 15 com estágio intermediário (II) e 10 estágio inicial (I). Quatorze indivíduos apresentavam-se com peso abaixo do esperado para a altura ($IMC < 18,5$) e oito indivíduos foram considerados obesos ($IMC > 25$)⁽¹⁶⁾. Após RP não foram observadas modificações estatisticamente significantes na classificação de gravidade clínica ou nas principais variáveis demográficas e nutricionais (tabela 1).

Avaliação funcional pulmonar no repouso

Na análise espirométrica, todos os indivíduos avaliados apresentaram quadro funcional compatível com distúrbio ventilatório obstrutivo, sendo 11 de intensidade acentuada, 15 moderada e 10 leve⁽¹⁶⁾. Resposta positiva ao broncodilatador foi observada em apenas dois pacientes. Os valores médios das principais variáveis espirométricas e das pressões respiratórias máximas estão representados na tabela 2. Hipoxemia de repouso significativa foi evidenciada em dez pacientes (27,7%) e hipercapnia em seis indivíduos (16,6%).

Na avaliação funcional pós-reabilitação, foi observada melhora significativa apenas na P_{1max} ($p < 0,05$), com as demais variáveis não apresentando modificações substanciais nos seus valores médios (tabela 2).

TABELA 2

Resultados da avaliação funcional pulmonar em 36 pacientes com DPOC, pré e pós-reabilitação pulmonar

Variáveis	Pré-reabilitação (x ± DP)	Pós-reabilitação (x ± DP)
<i>Espirometria</i>		
CVF (L)	2,85 ± 0,42	2,92 ± 0,37
CVF (% previsto)	80,4 ± 10,4	82,1 ± 9,7
VEF ₁ (L)	1,15 ± 0,21	1,19 ± 0,18
VEF ₁ (% previsto)	59,2 ± 12,8	62,4 ± 13,5
VEF ₁ /CVF (%)	54,5 ± 12,0	55,5 ± 11,5
VEF ₁ pós-BD (% previsto)	58,4 ± 11,7	63,6 ± 12,7
<i>Pressões respiratórias</i>		
P_{1max} (cmH ₂ O)	-85,5 ± 20,5	-90,5 ± 25,5*
P_{Emax} (cmH ₂ O)	105,5 ± 18,5	110,0 ± 15,5
<i>Troca gasosa pulmonar</i>		
PaO ₂ (mmHg)	71,5 ± 10,2	72,8 ± 8,5
PaCO ₂ (mmHg)	40,8 ± 5,5	41,5 ± 4,4

* $p < 0,05$ - Teste t pareado.

Avaliação no exercício dinâmico pré-reabilitação

Como esperado, na avaliação inicial os pacientes estudados apresentaram considerável perda funcional aeróbia máxima (PFA), com seis indivíduos apresentando $v_{O_2max} < 40\%$ prev. (PFA acentuada), 14 com v_{O_2max} entre 40 e 60% prev. (PFA moderada) e 14 com v_{O_2max} entre 60 e 70% prev. (PFA leve). Apenas em dois pacientes observaram-se valores de $v_{O_2max} > 70\%$ prev. (ausência de PFA)⁽²³⁾. O limiar anaeróbio (LA) foi identificado em 30/36 pacientes (83,3%). Os valores médios da distância percorrida na marcha de seis minutos (TM6) foram igualmente compatíveis com baixo nível de tolerância ao exercício dinâmico (tabela 3).

TABELA 3

Desempenho ao exercício máximo e submáximo de 36 pacientes com DPOC, pré e pós-reabilitação pulmonar

Variáveis	Pré-reabilitação (x ± DP)	Pós-reabilitação (x ± DP)
<i>Exercício máximo</i>		
v_{O_2max} (% previsto)	61,6 ± 8,3	65,3 ± 9,5
v_{O_2max} (ml/min x kg ⁻¹)	18,5 ± 6,2	20,2 ± 7,1
WRmax (watts)	50,0 ± 15,0	55,5 ± 20,5
v_{O_2LA}/v_{O_2max} prev.(%)	40,5 ± 7,8	42,8 ± 8,9
Pulso max O ₂ (% previsto)	65,9 ± 7,8	68,5 ± 9,0
(1- V_Emax/VVM x 100)	25,8 ± 15,5	20,9 ± 17,2
SaO ₂ max(%)	92,0 ± 5,0	91,5 ± 7,0
<i>Marcha de 6 minutos</i>		
Distância percorrida (m)	328 ± 104	385 ± 111*

* $p < 0,05$ - Teste t pareado.

Na análise individual dos fatores limitantes da atividade (ver MATERIAL E MÉTODO), limitação ventilatória esteve envolvida em 31 pacientes (86,1%), fatores musculares periféricos em 21 (58,3%) e alterações na troca gasosa pulmonar em 12 (33,3%). Como relatado anteriormente, os pacientes com alterações cardiovasculares ($n = 6$) foram excluídos na avaliação inicial.

Numa análise de correlações univariadas, a potência aeróbia máxima pré-RP (v_{O_2max} , % do previsto) correlacionou-se negativamente com a idade ($r = -0,68$; $p < 0,05$) e positivamente como o IMC ($r = 0,84$; $p < 0,01$), P_{1max} % prev. ($r = 0,58$; $p < 0,05$) e com o VEF₁ basal % prev. ($r = 0,65$; $p < 0,05$) (tabela 4). A correlação do v_{O_2max} pré-RP (% do previsto) com um "índice de desempenho metabólico", envolvendo dimensão corpórea (IMC), força muscular respiratória (P_{1max} , % prev.) e função ventilatória (VEF₁, % prev.), definiu um coeficiente de determinação de 0,92 ($p < 0,0001$) (figura 1).

Avaliação no exercício dinâmico pós-reabilitação

O programa supervisionado de treinamento aeróbio foi integralmente realizado pelos participantes. Oito pacientes apresentaram intercorrências clínicas durante o treinamento (seis exacerbações agudas por processo infeccioso bron-

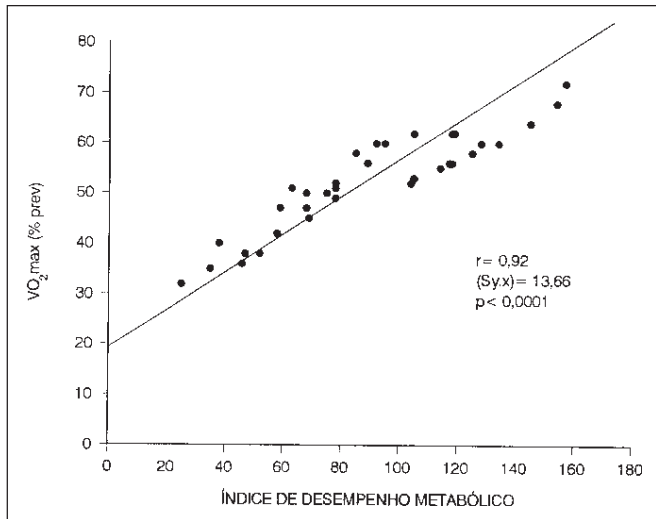


Figura 1 – Correlação entre um “índice de desempenho metabólico” envolvendo nutrição (IMC), força muscular inspiratória (P_{lmax}) e função ventilatória (VEF₁) com a potência aeróbia máxima (VO_{2max}, % do previsto) pré-reabilitação pulmonar de 36 pacientes com DPOC. Índice de desempenho metabólico = IMC (kg/m²) x P_{lmax} (cmH₂O) x VEF₁ (% do previsto) / 1.000.

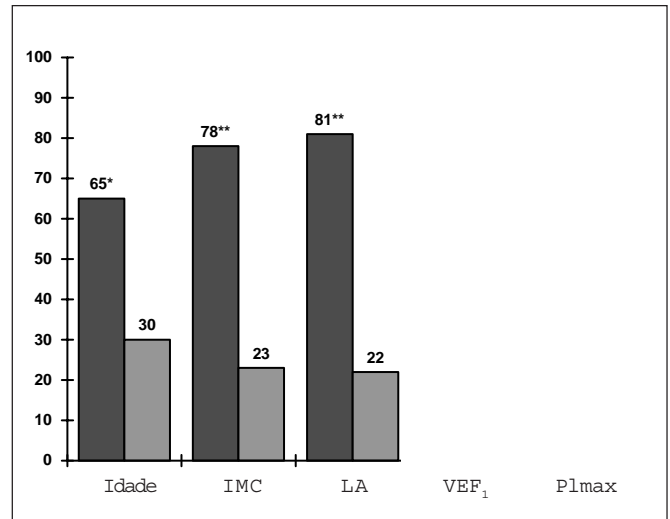


Figura 2 – Associação entre ganho aeróbio efetivo pós-realização (VO_{2max} e/ou VO_{2LA} pós-pré/pré > 10% and 100mL) e as principais variáveis demográficas, antropométricas e funcionais basais. * p < 0,05; ** p < 0,01. Os valores acima das barras indicam a percentagem de indivíduos com a referida associação. Em negro: idade < 65 anos; IMC > 18,5; LA < 40% do VO_{2max} prev.; VEF₁ e P_{lmax} > 60% prev. Em cinza: idade > 65 anos; IMC < 18,5; LA > 40% do VO_{2max} prev.; VEF₁ e P_{lmax} < 60% prev.

TABELA 4

Correlações univariadas entre os indicadores metabólicos aeróbios no exercício máximo e as principais variáveis demográficas, nutricionais e funcionais pulmonares (n = 36)

	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	VEF ₁ (% previsto)	P _{lmax} (% previsto)	PaO ₂ (mmHg)
VO _{2max} (% previsto)	r = 0,68*	r = 0,84**	r = 0,65*	r = 0,58*	r = 0,15
VO _{2LA} (%VO _{2max} prev.)	r = 0,71*	r = 0,81**	r = 0,45	r = 0,36	r = 0,18

* p < 0,05; ** p < 0,01

copulmonar e duas interrupções por problemas ortopédicos), retornando após controle adequado. Não foi observada nenhuma complicação médica durante as sessões de treinamento monitorizado. Dos 36 pacientes, 30 iniciaram o treinamento com a FC-alvo ao nível do LA e 6 com a frequência correspondente a 90% da carga máxima atingida. Com o evoluir do programa, estas cargas foram aumentadas baseando-se na maior intensidade suportável pelo paciente por no mínimo 30 minutos. Oxigenoterapia contínua durante o treinamento foi utilizada em 12 pacientes.

Após RP, melhora significativa da tolerância ao exercício submáximo (distância percorrida na marcha de seis minutos – TM₆ – pós-pré/pré > 10% e 25m) foi observada em 29 pacientes (80,5%), com aumento significativo nos valores médios (tabela 3). Dos sete pacientes sem melhora da tolerância submáxima, cinco apresentavam VEF₁ < 35% do pre-

visto e seis hipoxemia significativa, sendo que seis haviam treinado numa carga sub-LA.

Em contraste com a melhora no TM₆, os valores médios das principais variáveis aeróbias (VO_{2max}, VO_{2LA} e o pulso máximo de O₂) não se modificaram significativamente (tabela 3). Assim, ganho aeróbio efetivo (GAE = VO_{2max} e/ou VO_{2LA}-pós-pré/pré > 10% e 100mL) foi observado em apenas 15 indivíduos (41,6%), com 13 pacientes aumentando significativamente o VO_{2max} e 10, o VO_{2LA}. Todos os pacientes com GAE haviam treinado num nível igual ou superior ao LA basal. O GAE pós-reabilitação esteve associado com idade abaixo da mediana do grupo – 65 anos – (p < 0,05), VO_{2LA} pré-RP abaixo do limite inferior da normalidade – 40% do VO_{2max} previsto – (p < 0,01), IMC acima do limite inferior da normalidade – 18,5 – (p < 0,01), VEF₁ e P_{lmax} > 60% do prev. (p < 0,05) (figura 2).

Quando os pacientes foram separados em dois subgrupos, com GAE (grupo I, n = 14) e sem GAE (grupo II, n = 22), redução percentual do escore de dispnéia no exercício máximo e aumento da P_{lmax} e do IMC foram significativamente observados apenas no grupo I (p < 0,05). As modificações nas demais variáveis funcionais não se diferenciaram entre os subgrupos (tabela 5).

DISCUSSÃO

O presente estudo constitui-se no primeiro relato, em nosso meio, dos efeitos de um programa estruturado e multidisciplinar de reabilitação pulmonar (RP) sobre a tolerância

TABELA 5

Varição percentual do escore de dispnéia no exercício máximo (Borg modificado) e das principais variáveis funcionais no repouso, nos pacientes com (grupo I) e sem (grupo II) ganho aeróbio efetivo pós-reabilitação pulmonar

Variáveis	Grupo I (n = 14)	Grupo II (n = 22)
Δ% dispnéia	-35*	-10
Δ% IMC	15**	4
Δ% VEF ₁	4	5
Δ% P ₁ max	23**	5
Δ% PaO ₂	6	9

Δ: Valor pós-pré/pré x 100; p < 0,05 - (* I < II; ** I > II) - Teste de Mann-Whitney.

ao exercício dinâmico de pacientes com DPOC. Embora tenhamos observado melhora significativa no desempenho em 80,5% dos pacientes avaliados (marcha incentivada de seis minutos), ganho aeróbio efetivo foi encontrado em apenas 41,6%. Este achado esteve associado com idade abaixo de 65 anos, limiar anaeróbio precoce, eutrofia e maiores valores basais de P₁max e VEF₁ pós-broncodilatador. Tais dados trazem contribuições para uma interpretação fisiológica adequada dos mecanismos envolvidos com a melhora da tolerância ao exercício dinâmico pós-RP de pacientes com DPOC.

O desenvolvimento da potência aeróbia com o treinamento físico é obtido empregando-se atividades repetitivas que envolvam grandes grupos musculares, com intensidade e duração suficientes⁽¹⁵⁾. Diversas evidências sugerem que atividades realizadas ao nível ou acima do limiar anaeróbio (LA) tendem a produzir incrementos aeróbios maiores do que atividades menos intensas⁽⁹⁾. Em contraste com indivíduos normais, nos quais a limitação é de cunho cardiovascular e/ou muscular, pneumopatas podem não apresentar reserva funcional toracopulmonar suficiente para tolerar as demandas metabólico-ventilatórias associadas às atividades moderadas/intensas⁽²⁹⁾. Assim, uma limitação ventilatória, vascular pulmonar ou de intercâmbio gasoso poderia restringir apreciavelmente a prevalência de identificação do LA e, por conseguinte, a carga suportável de treinamento, reduzindo as possíveis respostas positivas na esfera aeróbia.

Entretanto, nossos resultados indicam para a exequibilidade de se identificar o LA pelos métodos da troca gasosa e ventilatório na maioria dos pacientes com DPOC leve a moderada (83,3%). Adicionalmente, a precocidade do LA na população avaliada evidencia a importância dos mecanismos cardiovasculares e/ou musculares influenciando a baixa tolerância ao exercício, ligada esta à pronunciada inatividade física, às alterações circulatórias centrais e periféricas e aos distúrbios musculares induzidos pela hipóxia ou pelos corticosteróides⁽³⁰⁾. Embora a identificação do LA na avaliação inicial não tenha predito adequadamente os pacientes com potencial de melhora aeróbia (já que em 15 dos 30 indivíduos com LA identificado não foi evidenciado GAE), ne-

ningum paciente sem LA identificado melhorou o desempenho na marcha de seis minutos ou apresentou GAE.

O nível de aptidão aeróbia basal é importante preditor do potencial de melhora com o treinamento, tanto em indivíduos normais como em pacientes⁽³¹⁾. Num trabalho prévio envolvendo 39 crianças asmáticas moderadas e graves, demonstramos que a presença do vO₂max e/ou vO₂LA reduzidos na avaliação basal esteve associada com maior ganho aeróbio após treinamento⁽³²⁾. Em adultos, a idade é fator negativamente relacionado com a potência aeróbia máxima e seu potencial de incremento com o treinamento; tal achado liga-se à conhecida redução funcional cardiovascular e muscular relacionada com a senescência⁽³³⁾. O índice de massa corpórea em indivíduos eutróficos e desnutridos possui clara relação com a massa magra e portanto com o tecido metabolicamente ativo e capaz de gerar trabalho⁽¹⁶⁾. Similarmente, a preservação da força muscular inspiratória (maior P₁max) e a menor broncoobstrução (maior VEF₁) no grupo I (com GAE) provavelmente relacionam-se à maior habilidade residual em suportar as demandas metabólico-ventilatórias do treinamento. Dessa forma, todos esses fatores estiveram associados tanto com a potência basal quanto com o potencial de melhora pós-treinamento.

Importante aspecto deste estudo diz respeito aos efeitos funcionais benéficos associados apenas com o grupo com GAE pós-treinamento (tabela 5). A redução do escore de dispnéia no exercício máximo, mesmo sendo este atingido em carga absoluta maior, pode estar relacionada a um menor *stress* ventilatório global durante o teste, envolvido com a elevação significativa do LA em dez pacientes. Paralelamente, pelo fato de terem treinado sob maiores exigências ventilatórias, um efeito dessensibilizador da dispnéia pode ter sido mais evidente neste grupo. O aumento significativo do IMC pode estar relacionado a modificações da composição corporal devido ao treinamento mais intenso (perda de massa gorda e ganho de massa muscular) e/ou aos efeitos sabidamente orexígenos da atividade moderada contínua⁽³⁴⁾. O incremento da P₁max pode se dever unicamente às melhoras nutricionais, mas não se descarta um componente de treinamento inespecífico da musculatura ventilatória induzido pelo exercício dinâmico ou de membros superiores⁽³⁵⁾. Assim, a capacidade em se induzir o GAE com a reabilitação pulmonar, em adição aos já conhecidos efeitos cardiovasculares e psicológicos, pode trazer ganhos qualitativos, a curto prazo, no manuseio clínico da DPOC.

O subgrupo de pacientes com acentuada obstrução brônquica (VEF₁ < 40% do previsto) e hipoxemia grave (PaO₂ < 50mmHg) não apresentou aumento da tolerância ao exercício com o treinamento. Assim, seis de sete pacientes sem elevação significativa da distância percorrida na marcha de seis minutos apresentavam acentuada obstrução brônquica e/ou hipoxemia grave. Tais resultados, isoladamente, não devem desestimular a indicação de RP para estes pacientes,

uma vez que a melhora subjetiva na qualidade de vida destes pacientes graves pode ser substancial na ausência de resposta objetiva no desempenho⁽²⁾.

Aumento significativo na distância percorrida na marcha de seis minutos foi considerado presente quando os valores pós-treinamento foram superiores aos basais em 10% (limite superior da variabilidade intra-observador) e 25m (limite inferior do intervalo de confiança de 95% dos valores encontrados em recente metanálise)⁽¹⁾. No subgrupo de pacientes com aumento da tolerância à atividade não ligada à esfera aeróbia (15/29), o incremento da eficiência mecânica e da estratégia de desempenho pode ter induzido a menor dispêndio metabólico-ventilatório na atividade (menor V_{CO_2} e V_E), com redução dos valores da relação V_E/V_{VM} e conseqüente diminuição da dispnéia⁽³⁰⁾. Neder *et al.* demonstraram que a redução destas variáveis no exercício submáximo de pacientes com DPOC é fator de acentuada importância na resposta a programas de treinamento aeróbio⁽³⁶⁾. Aspectos psicofísicos adicionais (dessensibilização da dispnéia) podem estar envolvidos na redução da dispnéia em condições isoventilatórias, com conseqüente aumento da tolerância à atividade dinâmica.

Este estudo apresenta algumas importantes limitações. A avaliação funcional pulmonar não envolveu a mensuração da capacidade de difusão pulmonar nem a medida dos volumes pulmonares, os quais sabidamente apresentam correlação com diversos indicadores de desempenho⁽³⁷⁾. A análise da falta de correlação da PaO_2 com o GAE foi comprometida pelo fato dos pacientes hipoxêmicos terem feito uso de oxigenoterapia durante as sessões. Paralelamente, em muitos indivíduos pode ser evidenciada melhora na qualidade global de vida sem modificações significantes da tolerância à atividade. No "indicador metabólico de desempenho" apresentado, as três dimensões funcionais (nutrição, força muscular inspiratória e broncoobstrução) foram selecionadas baseadas em noções fisiopatológicas dos principais fatores potencialmente limitantes do exercício e que foram avaliados no presente estudo. Adicionalmente, o emprego de técnicas de regressão multivariada poderia ter auxiliado para a predição independente da potência aeróbia e/ou modelos de regressão logística terem contribuído para a diferenciação das variáveis associadas ao GAE; todavia, tais técnicas não foram utilizadas tendo-se em vista os riscos de tal procedimento em amostras de tamanho reduzido.

Finalmente, as conclusões derivadas de nossos resultados devem ser estendidas apenas aos pacientes encaminhados para programas de reabilitação pulmonar; tais indivíduos podem ter perfil clínico-funcional distinto da população geral de pacientes ambulatoriais com DPOC.

Concluindo, em resposta a um programa supervisionado e multidisciplinar de RP para a DPOC, foi observado aumento da tolerância ao exercício submáximo em cerca de 80% dos pacientes avaliados, excetuando-se os indivíduos gravemen-

te obstruídos e hipoxêmicos. Ganho aeróbio efetivo (GAE) foi evidenciado nos pacientes mais jovens, eutróficos, com lactacidose precoce e menor grau de limitação ventilatória ao exercício. Adicionalmente, a capacidade em se produzir o GAE com o treinamento associou-se com redução significativa da dispnéia no exercício máximo e aumento do IMC e da P_{1max} . Substancial volume de pesquisa faz-se ainda necessário para a identificação precisa dos demais mecanismos fisiológicos envolvidos com o aumento da tolerância ao exercício submáximo desta população.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às biomédicas Sandra Regina S.S. Lucas e Vera Rigoni e ao técnico Daniel Siquieroli pela assistência dedicada durante a realização dos testes de exercício. À equipe multidisciplinar do Centro de Reabilitação Pulmonar da Disciplina de Pneumologia da Unifesp-EPM, pelo empenho e competência demonstrados.

REFERÊNCIAS

1. Lacasse Y, Wong E, Guyatt GH, King D, Cook DJ, Goldstein RS. Meta-analysis of respiratory rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet* 1996;348:1115-1159.
2. Ketelaars CAJ, Schlösser MAG, Mostert R, Huyer H, Halfens HJ, Wolters EFM. Determinants of health-related quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1996;51:39-43.
3. Wijkstra PJ, TenVerget EM, Van Altena R, Otten V, Kraan J, Postma DJ, Koëter GH. Long term benefits of rehabilitation at home on quality of life and exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1995;50:824-828.
4. Vale F, Reardon JZ, SuWalck DL. The long term benefits of outpatient pulmonary rehabilitation on exercise tolerance and quality of life. *Chest* 1993;103:42-45.
5. Froelicher V, Jensen D, Genter F, Sullivan M, McKirnan MD, Witzum K, Sharf J, Strong ML, Ashburn W. A randomized trial of exercise training in patients with chronic heart disease. *JAMA* 1987;252:1291-1297.
6. Belman MJ, Kendregan BA. Exercise training fails to increase skeletal muscle enzymes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1981;123:256-261.
7. Maltais F, Simard A-A, Simard C, Jobin J, Desgagnés P, LeBlanc P. Oxidative capacity of the skeletal muscle and lactic acid kinetics during exercise in normal subjects and in patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:288-293.
8. Sue DY, Wasserman K, Moricca RB, Casaburi R. Metabolic acidosis during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1988;94:931-938.
9. Casaburi R, Patessio A, Ioli F, Zanaboni S, Donner CF, Wasserman K. Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:9-18.
10. Niedermann MS, Clemente PH, Fein AM, Feinsilver SH, Robinson DA, Ilonite JS, Bernstein MG. Benefits of a multidisciplinary pulmonary rehabilitation program: improvements are independent of lung function. *Chest* 1991;99:798-804.
11. LoRusso TJ, Belman MJ, Elaskoff JD, Koerner SK. Prediction of maximal exercise capacity in obstructive and restrictive pulmonary disease. *Chest* 1993;104:1748-1754.
12. Cockcroft AE, Saunders MJ, Berry J. Randomised controlled trial of rehabilitation in chronic respiratory disability. *Thorax* 1981;36:200-203.

13. Couser JA, Guthman R, Hanadeh MA, Kane CJ. Pulmonary rehabilitation improves exercise capacity in older elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1995;107:730-734.
14. Celli BR, Snider GL, Heffner J, Tieg B, Ziment I, Make B, Braman S, Olsen G, Phillips Y. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:S77-S120.
15. American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991;195p.
16. World Health Organization. Overweight adults: Screening for interventions. In: WHO Expert Committee on Physical Status: interpretation of anthropometry. Geneva: WHO, 1995;329.
17. American Thoracic Society. Lung function testing: Selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis* 1991;144: 1202-1218.
18. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. *J Pneumol* 1996;22:105-164.
19. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:725-734.
20. Campbell SC. A comparison of the maximum voluntary ventilation with forced expiratory volume in one second: an assessment of subject cooperation. *J Occup Med* 1982;24:531-533.
21. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969;99:969-974.
22. Butland RJA, Pane J, Gross ER, Woodcock AA, Geddes AM. Two-, six- and 12-minute walking tests in respiratory diseases. *Br J Dis Chest* 1982; 284:1607-1608.
23. Neder JA. Consumo máximo de oxigênio na avaliação da disfunção aeróbia de pacientes com pneumoconiose. Nova proposta de classificação da perda funcional. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Paulo-Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 1995;211p.
24. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and perception of exertion. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:55-58.
25. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis* 1984;129(suppl);S49-S55.
26. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986;60:2020-2027.
27. Nery LE, Wasserman K, French W, Oren A, Davis JA. Contrasting cardiovascular and respiratory responses to exercise in mitral valve and chronic obstructive pulmonary diseases. *Chest* 1983;83:446-453.
28. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R. Principles of exercise testing and interpretation. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994;479p.
29. Loke J, Mahler DA, Paul Man SF, Wiedemann HP, Matthay RA. Exercise impairment in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 1984;5:121-143.
30. Ries AL. The importance of exercise in pulmonary rehabilitation. *Clin Chest Med* 194;15:327-337.
31. Cochrane LM, Clark CJ. Benefits and problems of a physical training programme for asthmatic patients. *Thorax* 1990;45:345-351.
32. Neder JA, Nery LE, Silva AC, Teixeira LR, Bernabe ALC, Fernandes ALG. Physical training in children with moderate to severe bronchial asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:A574.
33. Stratton JR, Levy WC, Cerqueira MD, Schwartz RS, Abrass IB. Cardiovascular responses to exercise: effects of aging and exercise training in healthy men. *Circulation* 1994;89:1648-1655.
34. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Obesity, exercise and weight control. In: McArdle WD et al, eds. *Essentials of exercise physiology*. Pennsylvania: Lea & Febiger, 1994;478-487.
35. Powers SK, Criswell D. Adaptive strategies of respiratory muscles in response to endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1115-1122.
36. Neder JA, Jardim JR, Cendon SP, Cavalheiro LV, Nery LE. Maximal and submaximal exercise responses in COPD patients submitted to a comprehensive pulmonary rehabilitation program. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:A172.
37. Rosa EA, Pereira CAC. Dispnéia e achados funcionais em portadores de DPOC nutridos e desnutridos. *J Pneumol* 1992;18:105-110.