

# Programa de treinamento muscular em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica grave

## Muscle training program in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease

Luiza Minato Sagrillo<sup>1</sup>, Estele Caroline Welter Meereis<sup>2</sup>, Marisa Pereira Gonçalves<sup>3</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** Este estudo que visou analisar os efeitos de um programa de treinamento muscular através da EENM de membros inferiores (MMII) e exercícios ativos resistidos de MMSS em pacientes portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) grave. **Métodos:** A amostra foi constituída por 5 sujeitos com idade média de 65,2 ± 6,09 anos. As avaliações iniciais e finais, compreenderam os testes: uma repetição máxima; senta-levanta; perimetria das coxas; caminhada de seis minutos; questionário St George; escala de dispneia MRC; índice de BODE. A intervenção foi realizada três vezes/semana, totalizando 18 sessões de 30 min de Estimulação elétrica neuromuscular (EENM) e 30 min de treinamento membros superiores, com uso de diagonais do Método Kabat. Os parâmetros da EENM foram: frequência 50 Hz, Ton 6s, Toff 8s, rampa de subida 2s, rampa de descida 2s, largura de pulso 400 µs e intensidade conforme a tolerância do paciente, aumentada em 1 a 5 mA a cada dia. **Resultados:** Mostraram aumento da força muscular ( $p = 0,01$ ) e da resistência muscular ( $p = 0,01$ ). Verificou-se uma tendência à melhora na qualidade de vida ( $p = 0,16$ ) e na aptidão cardiorrespiratória ( $p = 0,11$ ). **Conclusão:** A associação de EENM e exercícios com diagonais pode ser um recurso valioso para o tratamento dos pacientes com DPOC grave. Entretanto, sugere-se pesquisas com um maior número amostral para comprovar seus benefícios.

**Palavras-chave:** Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, Tolerância ao Exercício, Qualidade de Vida

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to analyze the effects of a muscle training program with neuromuscular electrical stimulation (NMES) for lower limbs (LL) and active resisted exercises for upper limbs (UL) for patients with severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **Methods:** With a sample of 5 subjects (65.2 ± 6.09 years), the initial and final evaluations were: One-Repetition-Maximum testing; Sit-to-stand test; perimetry of the thigh; 6-minute walk test; Saint George's Respiratory Questionnaire; Medical Research Council scale for dyspnea and the BODE index. The intervention was performed three times a week and was composed of 18 sessions of 30-minute NMES followed by 30 minutes of exercise for the UL based on the diagonal Kabat method. The NMES parameters were: 50Hz of frequency, 6s on and 8s off, increase slope of 2s and decrease slope of 2s, pulse width of 400µs, and intensity defined as patient tolerance and increased from 1 to 5mA each day. **Results:** The results have shown an increase in muscle strength ( $p = 0.01$ ) and of muscle resistance ( $p = 0.01$ ). There was an improvement tendency in the quality of life ( $p = 0.16$ ) and in the cardiorespiratory fitness ( $p = 0.11$ ). **Conclusion:** The association of physical exercises with diagonals and NMES can be a beneficial resource for the treatment of patients with severe COPD. It is suggested, however, the need for new researches with a wider sample size for assuring these benefits.

**Keywords:** Pulmonary Disease, Chronic Obstructive, Exercise Tolerance, Quality of Life

<sup>1</sup> Fisioterapeuta, Mestranda da Universidade Federal de Santa Maria - (UFSM).

<sup>2</sup> Fisioterapeuta, Docente da Universidade Federal do Rio de Janeiro - (UFRJ).

<sup>3</sup> Docente, Departamento de Fisioterapia e Reabilitação, Universidade Federal de Santa Maria - (UFSM).

Endereço para correspondência:  
Universidade Federal de Santa Maria  
Departamento de Fisioterapia e Reabilitação  
Estele Caroline Welter Meereis  
Av. Roraima, 1000 - Bairro Camobi  
CEP 97105-900  
Santa Maria - RS  
E-mail: estelemeereis@gmail.com

Recebido em 19 de Agosto de 2013.

Aceito em 02 de Outubro de 2016.

DOI: 10.5935/0104-7795.20160028

## INTRODUÇÃO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) pode gerar graves repercussões econômicas e sociais, além de constituir-se, no plano individual, uma causa importante de incapacidade e de baixa qualidade de vida dos pacientes e de seus cuidadores.<sup>1</sup> De acordo com a Organização Mundial da Saúde,<sup>2</sup> 80 milhões de pessoas sofrem de DPOC moderada ou grave. A DPOC representa a quinta principal causa de morte no mundo e, de acordo com estimativas recentes, alcançará a terceira posição até 2030.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia,<sup>3</sup> a DPOC tem sido definida classicamente como uma redução crônica e progressiva do fluxo aéreo, secundária a uma resposta inflamatória anormal dos pulmões à inalação de partículas ou gases tóxicos. Essa inflamação produz alterações de intensidade variável nos brônquios (bronquite crônica), bronquíolos (bronquiolite obstrutiva) e/ou parênquima pulmonar (enfisema).<sup>4</sup> O diagnóstico de DPOC, confirmado pelas provas de função pulmonar,<sup>5</sup> deve ser considerado na presença de tosse, produção de escarro, dispneia e/ou história de exposição a fatores de risco para o desenvolvimento da doença, como tabagismo, poluição ambiental, e exposição ocupacional a gases ou partículas tóxicas. Esses fatores podem romper o mecanismo de reparo capaz de restaurar a estrutura tecidual em face de algumas lesões.<sup>6</sup>

Além das consequências estruturais e funcionais ocasionadas ao pulmão, a DPOC também está associada a efeitos sistêmicos significativos, que têm repercussão importante sobre a qualidade de vida e a sobrevida dos pacientes, incluindo a depleção nutricional e a disfunção dos músculos esqueléticos, o que contribui para a intolerância ao exercício,<sup>7,8</sup> e por isso, muitas vezes impossibilita os mesmos de participarem de programas de reabilitação.

Devido a esse fator, a estimulação elétrica neuromuscular pode ser um recurso facilitador para que esses pacientes alcancem um condicionamento físico mínimo necessário para participarem desses programas.<sup>9</sup> A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) é uma técnica pela qual se aplica uma corrente elétrica para evocar contrações musculares e produzir movimentos funcionais para melhora do desempenho físico.<sup>10,11</sup>

A disfunção muscular periférica (DMP) na DPOC é caracterizada por anormalidades estruturais e funcionais.<sup>12</sup> Os músculos esqueléticos periféricos sofrem alterações morfológicas e metabólicas por uma combinação de

eventos em que a etiologia parece ser multifatorial, incluindo a hipercapnia, o estresse oxidativo, o uso prolongado de corticosteróides, a hipoxemia, a depleção nutricional, a inflamação sistêmica, a atrofia por desuso e o metabolismo de aminoácidos.<sup>8</sup>

Diretrizes clínicas recentes, voltadas para o tratamento da DPOC, enfatizam o papel do exercício físico para quebrar o círculo vicioso de descondicionamento. Neste sentido, a diretriz mais recente sobre reabilitação pulmonar recomenda a inclusão de exercícios direcionados para os músculos dos membros superiores (MMSS) nos programas de fisioterapia para pacientes com DPOC, devido à importância destes nas atividades de vida diária.<sup>13</sup> Vários destes músculos são também músculos acessórios da respiração, por isso atividades com o braço elevado fazem com que a participação destes músculos como acessórios da respiração diminua, deslocando maior trabalho respiratório para o diafragma, o que faz aumentar a dispneia e fadiga nestes pacientes.<sup>14</sup>

## OBJETIVO

O estudo propõe a aplicação de um programa de treinamento muscular através da EENM de membros inferiores (MMII) e exercícios ativos resistidos de MMSS em pacientes portadores de DPOC grave a fim de verificar se ocorre uma melhora na força e resistência muscular e na aptidão cardiorrespiratória destes pacientes.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo experimental, com abordagem quantitativa, com indivíduos de ambos os sexos, provenientes do ambulatório de pneumologia, do Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), com diagnóstico clínico e funcional de DPOC de graus grave e muito grave (estágios III e IV do GOLD).<sup>5</sup> O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria sob o registro número 0393.0.243.000-10.

Os critérios de inclusão deste estudo foram: obter na espirometria volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) < 65% do previsto, capacidade vital forçada (CVF) < 70% e relação volume residual/capacidade pulmonar total (VR/CPT) > 40%; sujeito clinicamente estável; indivíduo sedentário, com limitação ao exercício (auto-relato); idade < 75 anos. Foram excluídos do estudo os sujeitos que apresentavam: insuficiência cardíaca classe

funcional III e IV; distúrbio na função renal e hepática; distúrbio ortopédico e traumatológico e/ou déficit neuromuscular; déficit cognitivo; parestesia ou lesão tecidual no local onde serão dispostos os eletrodos do aparelho de eletro estimulação; portador de marcapasso; diagnóstico de infecção pelo HIV ou que não concordaram com o termo de consentimento livre e esclarecido. Foram recrutados 30 sujeitos de acordo com os critérios de inclusão e, destes, 25 foram excluídos pelos critérios de exclusão, totalizando 5 sujeitos para o estudo.

Os pacientes elegíveis foram submetidos às seguintes avaliações: anamnese, exame físico, Prova de função pulmonar (Espirimetria);<sup>15</sup> o Teste de caminhada de 6 minutos (TC6);<sup>16</sup> o Teste do Senta-levanta (*Sit-to-stand*);<sup>17</sup> a perimetria do músculo quadríceps;<sup>18</sup> o Teste de força muscular do quadríceps (1RM);<sup>19</sup> a avaliação da qualidade de vida (*Saint George's Respiratory Questionnaire - SGRQ*);<sup>20</sup> o Teste incremental de MMSS.<sup>21</sup> Além disso, foi utilizada a *Escala Medical Research Council (MRC)*<sup>22</sup> para avaliar dispneia e calculado o Índice de BODE (B - body mass index; O - airflow obstruction; D - dyspnea; E - exercise capacity).<sup>23</sup> As avaliações foram realizadas, pelo mesmo avaliador, antes da intervenção, de forma sequencial, assim como as reavaliações após o período de intervenção.

As intervenções foram realizadas no ambulatório de Fisioterapia, do HUSM durante 6 semanas, totalizando 18 sessões. O protocolo consistiu de 30 minutos de EENM no quadríceps e 30 minutos de exercícios funcionais para MMSS, totalizando uma hora cada sessão, com frequência de três vezes na semana.

A EENM foi aplicada nos músculos quadríceps de cada paciente, através do Estimulador Elétrico Neuromuscular da marca KLD-biosistemas, modelo nms.0501 Endophasys. Eletrodos auto-adesivos foram dispostos nas coxas, aproximadamente 5 cm abaixo da dobra inguinal, 5 cm acima da borda suprapatelar e no músculo vastomedial, na altura do côndilo femoral medial. Antes da aplicação dos eletrodos, foi realizado um processo de limpeza cutânea com algodão embebido em álcool 70% no local de seu acoplamento.

O protocolo de EENM foi baseado no estudo de Vivodtzev et al.<sup>24</sup> que visou minimizar os efeitos da fadiga sobre a contratilidade do músculo quadríceps de sujeitos com DPOC, sendo descrito a seguir: o paciente permaneceu deitado em uma maca, com as pernas flexionadas a 60°, apoiadas sobre um travesseiro em formato de cunha; foi utilizada uma corrente simétrica, bifásica, quadrada-pulsada. A posição de 60° de flexão dos joelhos foi

adotada a fim de otimizar a contração muscular, já que de acordo com a literatura, este é o ângulo no qual é produzido força máxima pelos músculos do quadríceps.<sup>25</sup> Os 5 minutos iniciais foram de aquecimento utilizando uma frequência de 5Hz com largura de pulso de 400ms de corrente elétrica de maneira recíproca. Durante os 25 minutos seguintes, o estimulador gerou impulsos elétricos com frequência de 50Hz com largura de pulso de 400ms e duração (tempo ON) de 6s, alternado com repouso (tempo OFF) de 8s, também de maneira recíproca, alternando a contração dos membros inferiores. A intensidade aplicada foi definida como a intensidade máxima tolerável pelo paciente e aumentada em 1 a 5 mA a cada dia. Esta estratégia permitiu uma melhor tolerância a longas exposições de estimulação elétrica em pacientes com DPOC grave.

Durante a aplicação da EENM os sujeitos foram orientados a não realizarem movimentos ativos nos membros inferiores, para que o movimento realizado pelo quadríceps fosse totalmente passivo à estimulação. Foram adicionadas cargas extras (em quilogramas) com uso de caneleira, a partir de 50% do peso máximo atingido no teste de 1RM,<sup>19</sup> conforme o paciente fosse se adaptando à corrente elétrica utilizada. Isso foi realizado com o intuito de fortalecer sem precisar alterar os parâmetros do aparelho, o que poderia provocar desconforto ao paciente.

O Treinamento de MMSS contou com três etapas: aquecimento, exercício de MMSS e alongamento.<sup>26</sup> Os exercícios de MMSS foram realizados com uso de halteres, com carga correspondente a 50% do peso máximo atingido no teste incremental para MMSS.<sup>21</sup> Foram utilizadas a primeira e a segunda diagonais do Método de Facilitação Neuroproprioceptiva,<sup>27</sup> pela funcionalidade e por solicitar a ação de vários grupos musculares, utilizados na realização de AVDs que envolvem os MMSS. O movimento de cada diagonal foi realizado durante dois minutos com intervalo de repouso de um minuto entre elas, sendo que durante a elevação do membro o paciente foi orientado a realizar a expiração.

A análise das variáveis obtidas foi conduzida através de distribuição de percentuais e de valores de tendência central (média, desvio padrão). Para a análise estatística foi utilizado o programa SPSS (Statistical Package for the Social Science) versão 13.0. Foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para avaliação da distribuição dos dados. Os dados seguiram distribuição normal, diante disso, foi utilizado o teste *t* de Student para a comparação entre as variáveis. O nível de significância adotado foi de 5% ( $\alpha < 0,05$ ).

## RESULTADOS

Em relação as características antropométricas, a maioria dos pacientes eram do sexo masculino (4/5), a média de idade compreendeu 65,2  $\pm$  6,09 anos e o índice de massa corporal foi de 23,84  $\pm$  3,37 kg/m<sup>2</sup>. Quanto ao tempo de tabagismo a média foi de 79  $\pm$  41,29 anos/maços. Dos 5 pacientes do estudo, 3 foram classificados através das provas de função pulmonar como GOLD III, e 2 como GOLD IV.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da comparação entre as variáveis teste de caminhada, MRC, BODE e qualidade de vida, pré e pós treinamento. Pode-se observar uma tendência à melhora dos parâmetros em todas as variáveis analisadas, porém os resultados demonstraram que não houve diferença significativa.

Quanto aos resultados da perímetria, não se verificou aumento expressivo na circunferência das coxas de ambos os grupos, em nenhuma das medidas de 5cm, 10cm e 15cm realizadas no teste.

Os resultados do teste senta-levanta e de 1 RM demonstraram aumento significativo

no período pós-intervenção ( $p = 0,001$ ). A média do resultado no teste senta-levanta pré treinamento foi de 22,40  $\pm$  8,26 e pós treinamento de 26,80  $\pm$  7,39 repetições. No teste de 1 RM a média foi de 15,60  $\pm$  6,42 no período pré treinamento e de 18,60  $\pm$  5,77 quilogramas pós treinamento (Figura 1).

## DISCUSSÃO

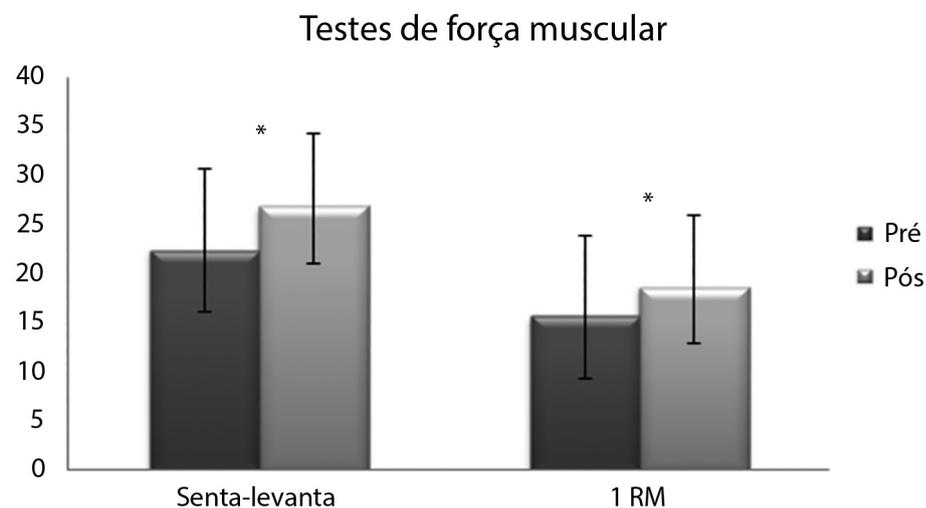
Os principais achados desse estudo após a intervenção com um programa de treinamento muscular através do uso de EENM no quadríceps e exercícios para MMSS foram, o aumento da força e resistência muscular, avaliados pelos testes de 1 repetição máxima (1RM) e teste Senta-levanta.

O músculo quadríceps de indivíduos com DPOC é caracterizado, além da fraqueza muscular,<sup>12,28</sup> por fatigabilidade prematura,<sup>29</sup> devido à redução da proporção de fibras do tipo I e de enzimas oxidativas.<sup>30,31</sup> Os achados do presente estudo demonstraram que a EENM foi capaz de aumentar a capacidade de executar a extensão de joelho com cargas mais elevadas, verificado

**Tabela 1.** Resultados da comparação entre as variáveis do estudo, pré e pós treinamento\*

	Pré (n = 5)	Pós (n = 5)	<i>p</i>
TC6' (m)	266,20 $\pm$ 92,17	364,20 $\pm$ 83,92	0,11
MRC (pontos)	2,80 $\pm$ 0,83	2,20 $\pm$ 0,44	0,07
BODE (pontos)	6,20 $\pm$ 1,64	4,80 $\pm$ 0,83	0,07
QV	51 $\pm$ 7,44	48,8 $\pm$ 7,19	0,16

n: n° sujeitos; TC6': teste de caminhada de 6 minutos; MRC: Medical Research Council; BODE: B - body mass index; O - airflow obstruction; D - dyspnea; E - exercise capacity; QV: Qualidade de vida. Os valores estão expostos em média  $\pm$  desvio padrão. \* Teste *t* Student  $p < 0,05$  significativo.



\* Diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,05$ )

**Figura 1.** Resultado relacionado aos testes de força

através do teste de 1RM, bem como melhorou o desempenho em sentar e levantar, avaliados através do teste senta-levanta. Estudos demonstram que os ganhos de força por meio de programas de EENM podem ser atribuídos aos aumentos da ativação muscular, da atividade eletromiográfica, ou seja, ativação neural, e da área de secção transversa anatômica.<sup>32,33</sup> Além disso, as adaptações neurais ocorrem nas primeiras quatro semanas de treinamento com estimulação elétrica e as alterações na massa muscular entre a 4ª e a 8ª semana.<sup>32</sup>

Sbruzzi et al.<sup>34</sup> ao comparar o efeito agudo da estimulação elétrica funcional, com frequências de 15 Hz e 50 Hz sobre a força do músculo quadríceps, em indivíduos idosos, verificou que a EENM com 50Hz determina maior pico de torque isométrico do músculo do que a EENM com 15Hz. Tal estudo atribuiu a isto o fato de que a força muscular é proporcional à frequência de estimulação e ao número de unidades motoras recrutadas. Assim, quanto maior a frequência, maior é o recrutamento motor, produzindo maior força muscular.<sup>35</sup>

Os efeitos da EENM sobre as unidades motoras dependem da frequência de estimulação.<sup>36</sup> Com uma frequência inferior a 20 Hz, o trabalho é direcionado para as fibras do tipo I,<sup>37</sup> que apresentam contrações musculares efetivas, sendo executadas a um baixo custo metabólico, diminuindo a fadiga muscular.<sup>38</sup> Com frequências de estimulação entre 35 e 70 Hz é possível trabalhar as fibras rápidas - tipo II.<sup>38</sup> Possivelmente seja essa a explicação da frequência de 50 Hz produzir maior pico de torque do que a frequência de 15 Hz.<sup>36</sup>

A quantidade máxima de sobrecarga oferecida foi equivalente a 50% da 1RM, através de caneleiras. Guedes & Guedes<sup>39</sup> enfatizam que os exercícios com sobrecarga acima de 40% da força máxima produzem aprimoramento na força, tanto por hipertrofia das fibras como também por aumento da capacidade de recrutamento das unidades motoras. Já exercícios com sobrecarga menor que 40% da força máxima, enfatizam a resistência, apesar de também produzirem força.

A perimetria, método utilizado para avaliar o trofismo muscular é empregado amplamente tanto na clínica como em pesquisas, por ser considerada prática, de baixo custo e por avaliar a massa corporal de forma não-invasiva.<sup>40</sup> O fato de não encontrarmos diferença significativa em relação ao trofismo, embora a aplicação da EENM tenha sido consistentemente associada com o aumento de massa,<sup>41</sup> pode ser explicado pela subjetividade do método utilizado para mensuração da circunferência muscular quando levado em consideração a

maior ou menor tensão aplicada à fita métrica pelo avaliador como também pelo pequeno número de sujeitos da amostra.

A idade média dos participantes foi de 65 anos, portanto são considerados idosos. Em relação a isso, é importante considerar que adicional aos efeitos deletérios sobre a musculatura periférica causados pela DPOC, o processo de envelhecimento sobre o sistema muscular promove diminuição progressiva da massa muscular nos idosos, principalmente das fibras musculares tipo II, de contração rápida.<sup>42</sup>

Na análise da aptidão cardiorrespiratória, realizada por meio dos resultados do teste de TC6<sup>16</sup> observou-se que os pacientes percorreram maiores distâncias ao final do estudo. Porém a diferença obtida após o tratamento não foi significativa, o que também pode ter sido influenciado pelo número insuficiente de sujeitos.

Quanto aos achados referentes a qualidade de vida e a dessensibilização da dispneia, não houve melhora significativa. Em relação a isso, é importante considerar que durante o período de tratamento, 3 dos 5 pacientes tiveram fortes sintomas de dispneia, febre e tosse produtiva, sugestivos de infecção respiratória aguda, provavelmente devido as mudanças sazonais de temperatura, presente neste período do ano na região em que predominou o clima úmido e frio.

Em relação ao índice preditor de mortalidade de BODE, Pitta et al.<sup>43</sup> verificaram maior índice de mortalidade para os indivíduos insuficientemente ativos comparado com os indivíduos suficientemente ativos. No presente estudo, não foi encontrada diferença significativa após o programa de treinamento, o que pode também ser explicado pelas complicações respiratórias já que o índice de BODE está diretamente relacionado ao índice de dispneia.

Em relação às limitações do estudo, podemos citar o número amostral reduzido, curto período de tempo para a coleta dos dados e falta de recursos financeiros para ampliar o tempo de tratamento dos pacientes. No entanto, os resultados apresentados encorajam novas pesquisas a respeito deste programa de treinamento muscular como parte do tratamento oferecido a pacientes portadores de DPOC grave.

## CONCLUSÃO

O programa de treinamento muscular aplicado nesta pesquisa, através da EENM em membros inferiores e do treinamento de MMSS demonstrou ser efetivo para aumentar

a força e a resistência muscular de pacientes com DPOC grave. Sugere-se a condução de novos estudos a cerca desta temática, com um maior tempo de acompanhamento e a inclusão de um maior número de sujeitos, a fim de se obter, talvez, uma comprovação estatística dos resultados em todas as variáveis analisadas.

## REFERÊNCIAS

1. Vilaró J, Resqueti VR, Fregonezi GAF. Avaliação clínica da capacidade do exercício em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. *Rev Bras Fisioter.* 2008;12(4):249-59.
2. World Health Organization [homepage on the Internet]. Geneva: WHO; c2009 [cited 2009 Jul 2]. Available from: <http://www.who.int/whr/2008/en/index.html>
3. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. II Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica DPOC. *J Pneumol.* 2004;30(Suppl 5):S1-S42.
4. Barnes PJ. Chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med.* 2000;343(4):269-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM200007273430407>
5. Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, Barnes PJ, Buist SA, Calverley P, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;176(6):532-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.200703-456SO>
6. Suki B, Lutchen KR, Ingenito EP. On the progressive nature of emphysema: roles of proteases, inflammation, and mechanical forces. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168(5):516-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.200208-908PP>
7. Barnes PJ, Celli BR. Systemic manifestations and comorbidities of COPD. *Eur Respir J.* 2009;33(5):1165-85. DOI: <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.00128008>
8. Dourado VZ, Tanni SE, Vale SA, Faganello MM, Sanchez FF, Godoy I. Systemic manifestations in chronic obstructive pulmonary disease. *J Bras Pneumol.* 2006;32(2):161-71.
9. Neder JA. Estratégias emergentes para o condicionamento muscular esquelético na DPOC. In: Fernandes ALG, Mendes ES, Terra Filho M. *Pneumologia: atualização e reciclagem.* São Paulo: Atheneu; 2001. p. 1-13.
10. Ruitter CJ, Kooistra RD, Paalman MI, Haan A. Initial phase of maximal voluntary and electrically stimulated knee extension torque development at different knee angles. *J Appl Physiol.* (1985). 2004;97(5):1693-701. DOI: <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00230.2004>
11. Chou LW, Ding J, Wexler AS, Binder-Macleod SA. Predicting optimal electrical stimulation for repetitive human muscle activation. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(3):300-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2004.10.002>
12. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. A statement of the American Thoracic Society and European Respiratory Society. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;159(4 Pt 2):S1-40.
13. Ries AL, Bauldoff GS, Carlin BW, Casaburi R, Emery CF, Mahler DA, et al. Pulmonary Rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest.* 2007;131(5 Suppl):4S-42S. DOI: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.06-2418>

14. Orozco-Levi M. Structure and function of the respiratory muscles in patients with COPD: impairment or adaptation? *Eur Respir J Suppl.* 2003;46:415-51s. DOI: <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.03.00004607>
15. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar. *J Pneumol.* 2002;28(Suppl 3):S2-S237.
16. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111-7.
17. Umeda IIK. Manual de fisioterapia na reabilitação cardiovascular. São Paulo: Manole; 2005.
18. Dourado VZ, Antunes LCO, Carvalho LR, Godoy I. Influência de características gerais na qualidade de vida de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. *J Bras Pneumol.* 2004;30(3):207-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132004000300005>
19. Camelier A, Rosa FW, Salim C, Nascimento OA, Cardoso F, Jardim JR. Using the Saint George's Respiratory Questionnaire to evaluate quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease: validating a new version for use in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2006;32(2):114-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132006000200006>
20. Araujo ZTS, Holanda G. O índice BODE correlaciona-se com a qualidade de vida em pacientes com DPOC? *J Bras Pneumol.* 2010;36(4):447-52.
21. Rodrigues SL, Viegas CAA, Lima T. Efetividade da reabilitação pulmonar como tratamento coadjuvante da doença pulmonar obstrutiva crônica. *J Pneumol.* 2002;28(2):65-70. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-35862002000200002>
22. Kovelis D, Segretti NO, Probst VS, Lareau SC, Brunetto AF, Pitta F. Validation of the Modified Pulmonary Functional Status and Dyspnea Questionnaire and the Medical Research Council scale for use in Brazilian patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Bras Pneumol.* 2008;34(12):1008-18. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132008001200005>
23. Celli BR, Cote CG, Marin JM, Casanova C, Montes de Oca M, Mendez RA, et al. The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med.* 2004;350(10):1005-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa021322>
24. Vivodtzev I, Pépin JL, Vottero G, Mayer V, Porsin B, Lévy P, et al. Improvement in quadriceps strength and dyspnea in daily tasks after 1 month of electrical stimulation in severely deconditioned and malnourished COPD. *Chest.* 2006;129(6):1540-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.129.6.1540>
25. Hoy MG, Zajac FE, Gordon ME. A musculoskeletal model of the human lower extremity: the effect of muscle, tendon, and moment arm on the moment-angle relationship of musculotendon actuators at the hip, knee, and ankle. *J Biomech.* 1990;23(2):157-69. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290\(90\)90349-8](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290(90)90349-8)
26. Tarantino AB. Doenças pulmonares. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1997.
27. Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF - Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva: um guia ilustrado. 2 ed. Barueri: Manole; 2007.
28. Visser JJ, Hoogkamer JE, Bobbert MF, Huijting PA. Length and moment arm of human leg muscles as a function of knee and hip-joint angles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990;61(5-6):453-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00236067>
29. Coronell C, Orozco-Levi M, Méndez R, Ramírez-Sarmiento A, Gáldiz JB, Gea J. Relevance of assessing quadriceps endurance in patients with COPD. *Eur Respir J.* 2004;24(1):129-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.04.00079603>
30. Gosker HR, van Mameren H, van Dijk PJ, Engelen MP, van der Vusse GJ, Wouters EF, et al. Skeletal muscle fibre-type shifting and metabolic profile in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J.* 2002;19(4):617-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.02.00762001>
31. Couillard A, Prefaut C. From muscle disuse to myopathy in COPD: potential contribution of oxidative stress. *Eur Respir J.* 2005;26(4):703-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.05.00139904>
32. Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(8):1291-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000175090.49048.41>
33. Kern H, Salmons S, Mayr W, Rossini K, Carraro U. Recovery of long-term denervated human muscles induced by electrical stimulation. *Muscle Nerve.* 2005;31(1):98-101. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mus.20149>
34. Sbruzzi G, Schaap BD, Pimentel GL, Signori LU, Silva AMV, Rosa LHT, et al. Comparação de diferentes frequências de estimulação elétrica funcional na força muscular em indivíduos idosos. *Rev Dig/Buenos Aires [periódico na Internet].* 2010 [citado 2010 out 27];14(141): [cerca de 2 p.]. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd141/forca-muscular-em-individuos-idosos.htm>
35. Casillas JM, Gremeaux V, Labrunee M, Troigros O, Laurent Y, Deley G, et al. Low-frequency electromyostimulation and chronic heart failure. *Ann Readapt Med Phys.* 2008;51(6):461-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.annrmp.2008.04.006>
36. Kramer JF. Effect of electrical stimulation current frequencies on isometric knee extension torque. *Phys Ther.* 1987;67(1):31-8.
37. Nuhr MJ, Pette D, Berger R, Quittan M, Crevenna R, Huelsman M, et al. Beneficial effects of chronic low-frequency stimulation of thigh muscles in patients with advanced chronic heart failure. *Eur Heart J.* 2004;25(2):136-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ehj.2003.09.027>
38. Celichowski J. Mechanisms underlying the regulation of motor unit contraction in the skeletal muscle. *J Physiol Pharmacol.* 2000;51(1):17-33.
39. Guedes DP, Guedes JE. Controle do peso corporal: composição corporal, atividade física, nutrição. Curitiba: Midiograf; 1998.
40. Barbosa AR, Santarém JM, Jacob Filho W, Meirelles ES, Marucci JM. Comparison of body fat using anthropometry bioelectrical impedance and DEXA in elderly women. *Arch Latinoam Nutr.* 2001;51(1):49-56.
41. Mailliefert JF, Eicher JC, Walker P, Dulieu V, Rouhier-Marcet I, Branly F, et al. Effects of low-frequency electrical stimulation of quadriceps and calf muscles in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil.* 1998;18(4):277-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00008483-199807000-00004>
42. Matsudo SM, Matsudo VKR, Barros Neto TL. Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. *Rev Bras Ciên Mov.* 2000;8(4):21-32.
43. Pitta F, Troosters T, Probst VS, Lucas S, Decramer M, Gosselink R. Potential consequences for stable chronic obstructive pulmonary disease patients who do not get the recommended minimum daily amount of physical activity. *J Bras Pneumol.* 2006;32(4):301-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132006000400008>