

Revista Brasileira de Fisioterapia

ISSN: 1413-3555

rbfisio@ufscar.br

Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-  
Graduação em Fisioterapia  
Brasil

Vilaró, Jordi; Resqueti, VR; Fregonezi, GAF

Avaliação clínica da capacidade do exercício em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica

Revista Brasileira de Fisioterapia, vol. 12, núm. 4, julio-agosto, 2008, pp. 249-259

Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Fisioterapia

São Carlos, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=235016539002>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

# Avaliação clínica da capacidade do exercício em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica

Clinical assessment of exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease

Vilaró J<sup>1</sup>, Resqueti VR<sup>2</sup>, Fregonezi GAF<sup>2</sup>

## Resumo

**Contextualização:** A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) se caracteriza por ser uma afecção multissistêmica que leva a uma diminuição na tolerância ao exercício do paciente pneumopata. Atualmente, a Fisioterapia Respiratória dispõe de uma grande variedade de testes validados que tem como característica a sua simplicidade, praticidade e baixo custo. **Objetivo:** Descrever os testes de campo mais utilizados em pacientes com DPOC para avaliar a capacidade de exercício e a atividade física, assim como alguns testes que potencialmente poderiam ser adotados na avaliação clínica destes pacientes. **Conclusões:** Para poder justificar a qualidade do trabalho do profissional de Fisioterapia Respiratória, deve-se incorporar os testes utilizados e validados internacionalmente. Além disso, é importante escolher o teste mais adequado para medir a capacidade do exercício e, sobretudo, realizar um seguimento cuidadoso da evolução do paciente.

**Palavras-chave:** DPOC; capacidade de exercício; teste de caminhada; força muscular; atividades da vida diária.

## Abstract

**Background:** Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is characterized as a multisystemic disease that reduces patient's tolerance to exercise. Nowadays, a great variety of validated tests are available for use in Respiratory Physical Therapy that are simple, practical and inexpensive. **Objective:** To describe the tests most used in patients with COPD to evaluate their exercise capacity and physical activity, along with some tests that potentially could be adopted for clinical evaluations in such patients. **Conclusions:** To be able to justify the professional quality of the respiratory physical therapists' work, tests that have been used and validated internationally must be incorporated. Moreover, it is important to choose the most appropriate tests for measuring exercise capacity and, above all, to perform a careful follow-up of the patient.

**Key words:** COPD; exercise capacity; walk test; muscle strength; activities of daily living.

Recebido: 05/11/07 – Revisado: 24/12/07 – Aceito: 06/05/08

<sup>1</sup>BioMedicine, Universitat Pompeu Fabra; EUIFN Blanquerna, Universitat Ramon Llull; Fundació Clínic, IDIBAPS – Barcelona, Espanha

<sup>2</sup>Departamento de Fisioterapia, Hospital Universitário Onofre Lopes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Natal (RN), Brasil

Correspondência para: Jordi Vilaró, EUIFN Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Padilla 326-332, Barcelona 08027, Espanha, e-mail: jordivc@blanquerna.url.edu

## Introdução ::::.

Recentemente, houve uma mudança no paradigma do modelo de avaliar o paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Há pouco tempo, o diagnóstico da doença se baseava, principalmente, nas alterações da função pulmonar do paciente. Concretamente, o valor do volume expiratório no primeiro segundo ( $VEF_1$ ), ainda se dá como um parâmetro para estabelecer a severidade e o prognóstico da doença<sup>1</sup>. Porém, existem outros fatores importantes que influenciam no impacto e na evolução da DPOC. Fatores como a hipoxemia ou hipercapnia, dispneia funcional limitante, baixa composição de massa corporal e diminuição na capacidade de exercício estão associadas a um alto risco de mortalidade. Recentes estudos demonstraram que os valores numéricos do  $VEF_1$ , nos pacientes com DPOC, são limitados quando pretende predizer a capacidade do exercício, a qualidade de vida relacionada à saúde e a sintomatologia<sup>2-4</sup>.

Seria lógico, pensar então em um modelo de avaliação clínica que reúna, entre outros aspectos, aqueles relacionados ao grau de dispneia, as relações de trocas gasosas, a composição corporal e a tolerância ao exercício do doente pulmonar obstrutivo crônico<sup>5</sup>. Como resultado, diríamos então que o grau de tolerância ao exercício toma uma dimensão essencial na avaliação do paciente DPOC. Entretanto, existe um problema básico, como medi-lo? Hoje, as provas de avaliação da capacidade do exercício realizadas em laboratórios de avaliação cardiopulmonar não estão ao alcance da grande maioria de profissionais da saúde, além de geralmente não serem determinantes para o diagnóstico final e a escolha do melhor tratamento para a maioria dos pacientes com DPOC. Uma alternativa acessível a todos os profissionais da saúde e, por extensão a todos os pacientes, seriam então as provas simples de exercício. Concretamente, como propõe Celli et al.<sup>5</sup> com o índice BODE (B: body=corpo; O: obstruction=obstrução; D: dyspnea=dispneia; E: exercise=exercício), o teste da caminhada dos 6 minutos (6MWT) já se converteu em uma prova habitual na avaliação e evolução clínica destes pacientes<sup>5</sup>. Isto se deve, em parte, a uma padronização do teste, mas, sobretudo, a simplicidade, acessibilidade e a grande validade da prova. Faltam, porém, aspectos fundamentais a serem definidos no 6MWT. Por exemplo, a carga fisiológica que se supõe para os pacientes, além de determinar a relação com outras provas de exercício, a velocidade da marcha auto-imposta e a capacidade de mantê-la ao decorrer do tempo. Outro importante aspecto será determinar se realmente a melhora clínica observada por qualquer tipo de intervenção (reabilitação respiratória, transplante pulmonar, etc.) definida em média como 54 metros, está adequada a todos os pacientes com DPOC, desde os mais severos até aos de menor gravidade. Sabemos hoje, por exemplo, que se

a velocidade adotada espontaneamente durante o teste pelos pacientes for sustentada no tempo, poderá ser comparada com a carga ou a velocidade crítica do paciente<sup>6</sup>. Por fim, é necessário também explorar novas modalidades da prova para observar a relação entre a cinética do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), as provas constantes de laboratório cardiopulmonar e as provas de endurance. Nesta revisão, abordar-se-ão os testes de campo mais utilizados em pacientes com DPOC, assim como algumas outras modalidades que potencialmente poderiam ser adotadas na avaliação clínica destes pacientes.

## Testes clínicos de avaliação da capacidade de exercício ::::.

Os testes clínicos de avaliação da capacidade de exercício são testes simples, que consistem geralmente em caminhar em terreno plano, ou bem, subir degraus impondo uma carga constante ou incremental em função da modalidade do tempo escolhido. Os testes mais habituais são: o teste da marcha dos 6 minutos (6MWT), o teste incremental ou shuttle walking test (SWT) e suas variantes assim como o teste do degrau (TD). Entre as variantes do teste da caminhada podemos citar o teste dos 12 minutos, inicialmente proposto por Cooper<sup>7</sup> ou o de dois e seis minutos descrito por McGavin, Gupta e McHardy<sup>8</sup> e Butland et al.<sup>9</sup>, ou ainda o de três minutos, estudado recentemente por Iribarri et al.<sup>10</sup>.

É importante ressaltar que o fisioterapeuta é o profissional capaz de realizar todos os testes acima citados e também é através deles que se podem observar melhora simples sobre o desempenho nas provas de tolerância ao exercício, o nível de capacidade aeróbica submáxima ou máxima e o estado funcional do paciente respiratório. Estes testes são amplamente utilizados como elemento complementar para o diagnóstico clínico da capacidade de exercício, para avaliação no período pré e pós-operatório, para monitorar a resposta e o progresso dos programas de reabilitação pulmonar e cardíaca, processos cirúrgicos como transplante e/ou ressecção pulmonar, entre outras intervenções terapêuticas. Finalmente, os testes clínicos de avaliação da capacidade do exercício podem ajudar a demonstrar ao paciente o seu progresso em relação à capacidade do exercício, assim como obter informações sobre sua morbidade/mortalidade. Atualmente, estas provas têm um papel relevante já que diferentes estudos as consideram como parte essencial na avaliação clínica dos pacientes respiratórios.

### Teste da caminhada dos seis minutos (6MWT)

As primeiras tentativas de avaliar a capacidade funcional através de testes submáximos durante um período de tempo

controlado surgiram com Balke<sup>11</sup>, que idealizou um teste simples, limitado por tempo para avaliar a capacidade física. Posteriormente, em 1968, Cooper<sup>7</sup> desenvolveu um protocolo de 12 minutos de caminhada para avaliar a capacidade funcional em um grupo de soldados e McGavin, Gupta e McHardy<sup>8</sup> introduziram a prova dos 12 minutos para pacientes com limitação ventilatória. Mas não foi até 1976, quando Butland et al.<sup>9</sup> idealizaram a prova da caminhada dos 12 minutos com outras variantes de tempo mais curtos (dois e seis minutos). Este estudo indicou que a variabilidade dos resultados aumentava ao incrementar o tempo de caminhada e o poder discriminativo do teste se reduzia ao diminuir a duração da prova. Os autores propuseram então que o teste de 6 minutos estaria no meio entre a reprodutibilidade e o poder discriminativo da prova. A partir deste estudo, então, a utilização do teste da caminhada dos seis minutos (6MWT) se generalizou enormemente. Este teste foi o escolhido como ferramenta de avaliação clínica da capacidade de exercício submáxima em diversas patologias respiratórias como a DPOC, fibrose cística, asma, pré e pós-operatório de ressecção pulmonar ou transplante pulmonar<sup>12</sup>, entre outras. A grande difusão e utilização do 6MWT estão baseadas principalmente pela suas qualidades como a simplicidade, a praticidade, por ser um teste de fácil realização, ter baixo custo e por ser altamente reproduzível na prática clínica.

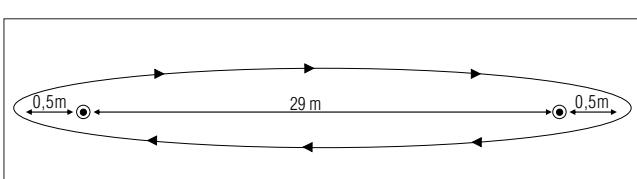
A realização do 6MWT consiste em caminhar em terreno plano, perfazendo a distância entre dois cones, ou uma marcação do solo, separada por no mínimo 30 metros (Figura 1), a uma velocidade auto-imposta pelo próprio paciente<sup>13</sup>.

O teste pode ser considerado de carga constante, já que a carga imposta, a massa corporal do sujeito e a velocidade da marcha não variam ao longo da prova. Por se tratar de uma carga constante, é facilmente tolerada pelos pacientes, independente da gravidade da doença de base. Durante o teste da caminhada que é considerado submáximo, os componentes do transporte de oxigênio cobrem de forma adequada os requerimentos impostos pela intensidade do metabolismo celular e, portanto, as necessidades de trocas gasosas de oxigênio e dióxido de carbono entre a mitocôndria, a nível intrínseco muscular e a atmosfera. Por outra parte, a capacidade oxidativa mitocondrial não alcança seus limites máximos, e nestas condições, os sintomas como dispneia e fadiga muscular são toleráveis e o exercício se situa por abaixo do umbral lático, podendo ser sustentado de forma adequada durante um período relativo. Assim sendo, os testes submáximos são os mais adequados para a avaliação da capacidade física de forma segura e confortável para o paciente<sup>14</sup>. Possivelmente, por estes motivos, é um dos testes mais utilizados na prática clínica. Em recente revisão de literatura Solway et al.<sup>12</sup> concluíram que o 6MWT é fácil de realizar, bem tolerado pelos pacientes, e o que melhor reproduz as atividades de vida diária. Por tanto, se trata de uma

prova simples que avalia uma atividade realizada diariamente, como o caminhar, e que, além disso, está padronizada e requer poucos elementos técnicos para sua aplicação.

Porém, atualmente, novos trabalhos têm sido publicados sobre a variação temporal do teste<sup>10,15</sup>. Estes novos trabalhos se baseiam na justificativa de que o primeiro trabalho publicado, em Butland et al.<sup>9</sup> em que se comparavam as variabilidades de tempo do teste da caminhada (dois, seis e doze minutos), foi realizada com uma amostra de indivíduos muito pequena. Sendo assim, suas conclusões foram extrapoladas sem a confirmação de novos estudos comparativos que, desde o conhecimento dos autores desta pesquisa, não foram publicados. O que se encontra hoje, principalmente para paciente com DPOC, são duas variações do teste com um tempo menor (dois e três minutos), que apresentam um alto coeficiente de correlação intercalasse com o teste dos seis minutos ( $r=0,99$  e  $r=0,98$ , respectivamente) e são altamente capazes de avaliar e identificar as limitações na tolerância ao exercício nestes pacientes. Em recente trabalho, o teste de três minutos<sup>16</sup> se mostrou válido e eficiente na avaliação de pacientes portadores de DPOC severos (como um VEF<sub>1</sub> igual ou menor que 30% do predito), que devido à alta incapacidade física, dispneia intensa, severo comprometimento respiratório e muscular periférico, foram incapazes de realizar o 6MWT.

Recentes estudos têm demonstrado que o 6MWT apresenta uma boa correlação com o VO<sub>2pico</sub> e com a qualidade de vida relacionada à saúde. Além disso, mostrou ser um bom preceptor de mortalidade no paciente com DPOC e em pacientes que se submeteram a cirurgia de redução de volume pulmonar<sup>17-19</sup>. Por tratar-se de uma prova simples para detectar mudanças produzidas por intervenções terapêuticas como a reabilitação<sup>20</sup>, o 6MWT é o mais utilizado por aproximadamente 80% dos programas de reabilitação pulmonar<sup>21</sup>. Hoje, existem fórmulas capazes de predizer a capacidade de caminhar do indivíduo de acordo com variáveis como o sexo e a idade<sup>22-24</sup>. Também já é conhecida a diferença clinicamente significativa estabelecida como o 54 metros, que reflete a mínima diferença que um paciente é capaz de perceber como melhora entre uma prova e outra<sup>25</sup>. Atualmente, o teste da caminhada dispõe de uma estandardização que assegura a qualidade das medidas realizadas estabelecida pela American



**Figura 1.** Distância a percorrer durante a realização do teste da caminhada dos seis minutos (6MWT). Os cones ou a marcação no solo indicam os pontos nos quais devem ocorrer as mudanças de sentido e estão posicionados a uma distância de 0,5m dos extremos do perímetro para permitir o giro do paciente.

Thoracic Society (ATS). Além disso, em um recente estudo cohort com 294 pacientes com DPOC, acompanhados com a realização de um 6MWT anual, durante cinco anos, foi demonstrado que ao longo do tempo, a distância caminhada declina e que este declínio é mais importante e mais significante nos pacientes com severa obstrução ao fluxo aéreo ( $VEF_1 < 50\%$  predito). Foi observado também que o declínio da distância caminhada piora linearmente com a gravidade da doença<sup>26</sup>.

## Teste da caminhada com cargas progressivas

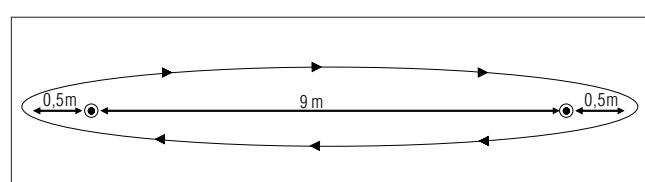
*Shuttle walk test (teste progressivo ISWT - incremental shuttle walk test e teste de endurance ESWT - endurance shuttle walk test)*

O teste da caminhada com carga progressiva ou shuttle walking test (SWT) foi introduzido por Singh et al.<sup>27</sup>. O SWT é uma versão modificada para pacientes com limitações ventilatórias do teste 20-meters shuttle test, descrito inicialmente para avaliação da capacidade física em crianças, adultos ativos e em atletas em geral<sup>28,29</sup>. O SWT consiste em caminhar em terreno plano percorrendo de maneira repetida uma distância conhecida de 10 metros, ao redor de uma marcação de dois cones, separados a uma distância de 9 metros (Figura 2). A sonorização acústica única indica o tempo em que o paciente deve percorrer a distância predeterminada, alcançar o cone e mudar de direção, retornando ao outro cone, enquanto que a sinalização acústica tripla indica a necessidade de aumentar a velocidade para percorrer a distância entre os cones. A cada minuto, o tempo entre os sinais acústicos é diminuído de tal maneira que o paciente deve aumentar a velocidade da caminhada para alcançar o cone no momento indicado. A prova chega ao fim quando o paciente não é capaz de alcançar por duas vezes consecutivas ao cone ou devido ao desejo do paciente em interromper a prova por sintomas desencadeados ao aumentar a velocidade da caminhada. Trata-se, portanto, de uma prova incremental com estágios de até 12 níveis de velocidade que produz uma carga fisiológica similar a um teste incremental com cicloergômetro<sup>30</sup>. É uma prova padronizada com uma boa reprodutibilidade, eficiente para avaliação da capacidade física em pacientes com doenças respiratórias,

para a prescrição de tratamento, além de ser um parâmetro de avaliação útil para determinar a intervenção a ser realizada nos pacientes com DPOC. O SWT tem demonstrado uma boa correlação com o  $VO_2$  máximo obtido durante a realização de um teste de esforço incremental convencional.

Atualmente, foi publicada uma versão modificada do SWT: o SWTp em pacientes DPOC em vários estágios GOLD, com objetivo de melhorar a logística da prova no seu ponto considerado mais fraco, que é o estímulo sonoro externo<sup>31</sup>. Neste trabalho, os autores justificaram a necessidade de melhorar o estímulo sonoro externo com o objetivo de aperfeiçoar o rendimento dos pacientes com estado físico funcional mais grave, que demonstram certa dificuldade em ajustar-se ao ritmo da caminhada, respondendo assim ao estímulo e aumentado à velocidade a cada bip sonoro. Os autores introduziram a estimulação sonora contínua passo a passo durante a prova, e mostraram uma correlação intercalasse bastante significativa ( $r=0,95$ ) em relação à distância percorrida, com um intervalo de confiança de 0,85 a 0,95 ( $p<0,0001$ ). Segundo este recente estudo, existem algumas vantagens na utilização do SWTp, pois os pacientes foram capazes de caminhar mais (entre 28 a 32 metros), o efeito aprendizagem da SWTp também foi inferior ao SWT, já que os pacientes se adaptaram melhor ao teste com a sonorização contínua. Além disso, no SWTp, os pacientes aumentaram distância percorrida em metros em relação ao SWT, possivelmente devido a uma maior eficiência mecânica associada a um consumo de oxigênio ligeiramente superior em relação ao teste convencional SWT<sup>31</sup>.

Outro recente desenvolvimento em cima da logística do SWT foi a alteração do teste SWT, que passou a denominar-se incremental shuttle walk test (ISWT). Além disso, um novo teste foi desenvolvido endurance shuttle walk test (ESWT)<sup>32</sup>. Neste novo teste do ESWT, os autores tiveram como objetivo avaliar a capacidade máxima por meio de um teste de campo de intensidade submáxima, reprodutível e não muito extenso (em tempo) para os pacientes e para o avaliador. Foi desenvolvido então um teste não incremental, de velocidade e carga constante, que se baseia na utilização de uma carga constante percentual em relação ao máximo previamente obtido durante a realização de um SWT ou ISWT, habitualmente com intensidade alcançada de 85% do pico de consumo de oxigênio ( $VO_{2\text{pico}}$ ). Os resultados demonstraram que o teste apresenta uma boa reprodutibilidade após apenas uma prática do teste e uma boa sensibilidade para avaliar as mudanças após programas de reabilitação respiratória.



**Figura 2.** Distância a percorrer durante a realização do shuttle walk test (SWT). Os cones ou a marcação no solo indicam os pontos nos quais devem ocorrer as mudanças de sentido e estão colocados a uma distância de 0,5m dos extremos do perímetro para permitir o giro do paciente.

## Teste do degrau

O teste do degrau, ainda que pouco utilizado e padronizado para pacientes com doenças respiratórias, apresenta

uma boa resposta da freqüência cardíaca em relação ao consumo de oxigênio máximo. Assim sendo, o nível de freqüência cardíaca obtido durante o teste, principalmente a freqüência máxima atingida, pode ser utilizado para classificar os pacientes em diferentes graus de capacidade física. Existem algumas variações deste tipo de teste; Smith e Gilligan<sup>33</sup> desenvolveram o teste do degrau sentado, que demonstrou grande utilidade para a avaliação da tolerância ao exercício, aptidão física e endurance em idosos, com restrita capacidade física em estágio debilitado. Apesar de ser classificado como um teste submáximo, é menos intenso que os testes submáximos e máximos em esteira ou bicicleta ergométrica. O teste consistia em subir e descer quatro níveis de degraus de diferentes alturas: 15,2cm (estágio 1), 30,5cm (estágio 2), 45,7cm (estágio 3) e no estágio 4, devia-se manter a altura no estágio 3, adicionando movimentos alternados dos braços. Cada estágio do teste representava aproximadamente um gasto energético de 8,05, 10,15, 12,25 e 13,65 mL/kg/min, respectivamente. Para alcançar o próximo estágio do teste deveria-se alcançar uma freqüência cardíaca abaixo de 75% da máxima referência (predita) no quinto minuto do teste. A pressão arterial deveria ser monitorada antes do início do teste, aos dois minutos e aos cinco minutos.

Outros testes utilizando degrau ou step foram desenvolvidos como o Tecumseh step test por Montoye<sup>34</sup>, o YCMCA Step Test por Kasch et al.<sup>35</sup> e o Chester step test<sup>36</sup> com diferentes aplicações e metodologias, mas nenhum ainda foi padronizado e referendado na literatura para avaliação de pacientes com doenças respiratórias.

Atualmente, alguns programas de reabilitação respiratória incluem a atividade física de subir degraus como forma complementar de treinamento em seus programas. Subir degraus para o paciente com limitação crônica do fluxo aéreo representa um exercício extenuante, levando a resposta fisiológica em níveis de  $\text{VO}_2$ , Volume minuto ( $V_{\text{E}}$ ), Freqüência cardíaca (FC) e sintomas relatados similares a testes máximos<sup>37,38</sup>. Embora seja um teste simples, barato e fácil de ser aplicado, poucos estudos escolhem o teste do degrau para avaliação da capacidade física nos indivíduos com limitação do fluxo aéreo.

### Teste de exercício de braço sem carga

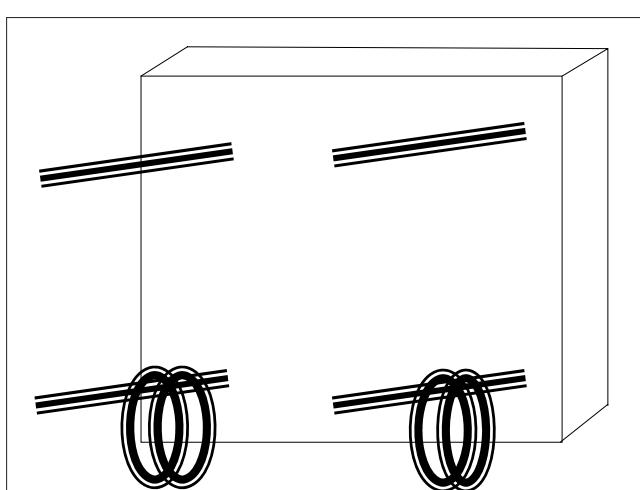
Recentemente, foi avaliada a validade e confiabilidade do teste de exercício de braço sem carga<sup>39</sup>. Apesar de ter sido desenvolvido há aproximadamente 20 anos por Celli, Rassulo e Make<sup>40</sup>, ainda é pouco utilizado para avaliação de pacientes com DPOC<sup>41,42</sup>. O teste consiste em, estando o paciente sentado em uma cadeira com as costas apoiadas, mover argolas ou anéis entre quatro pinos fixos em dois níveis, em um suporte vertical (Figura 3). Dois pinos são posicionados na altura dos ombros e outros dois a 20cm acima do nível dos ombros. Dez argolas

ou anéis em cada lado são posicionados nos pinos inferiores e cada argola deve pesar aproximadamente 14,17g ( $\frac{1}{2}$ oz). Os pacientes são instruídos a usar ambas as mãos e mover uma argola ou anel de cada vez do nível inferior ao superior. Após posicionarem todas as argolas ou anéis do nível inferior para o superior, os pacientes voltam a posicionar as argolas para o nível inferior e assim sucessivamente.

A pontuação total do teste será a quantidade de argolas deslocadas em seis minutos, com a possibilidade de parar descansar por motivo de fadiga, dispnéia ou outro desconforto e voltar a realizar o teste assim que se sentir mais confortável, sempre mantendo o tempo no cronômetro corrido. Este recente estudo demonstrou um alto coeficiente de correlação entre o teste reteste ( $r=0,91$ ,  $p<0,001$ ), com parâmetros de função pulmonar  $\text{VEF}_1$  em porcentagem ( $r=0,55$ ,  $p<0,003$ ), Capacidade Vital Forçada em % valores de referência (CVF%) ( $r=0,60$ ,  $p<0,001$ ), e em alguns domínios e subdomínios do questionário de dispnéia e estado funcional pulmonar (Pulmonary Functional Status Dyspnea Questionnaire). Apesar de sua pouca utilização, o teste de exercício de braços sem carga apresenta um grande potencial clínico e científico, pois a sensação de dispnéia em atividades de membros superiores é considerada um dos maiores problemas em pacientes com DPOC moderado e severo. Entretanto, muitos programas de reabilitação respiratória não dão ênfase à avaliação e treinamento dos membros superiores.

### Testes para medida da função muscular ::::

Tem como objetivo avaliar a capacidade de força ou resistência muscular que uma pessoa é capaz de desenvolver. Tem sido utilizada na avaliação das enfermidades respiratórias



**Figura 3.** Exemplo da estrutura do equipamento utilizado no teste de exercício de braço sem carga.

desde meados dos anos 1980<sup>43</sup>. A finalidade destas medidas é determinar o grau de força ou resistência produzida pelo impacto da patologia e também para avaliar a melhora experimentada depois de um programa de reabilitação pulmonar. Na DPOC, mede-se a força da musculatura respiratória e também da musculatura esquelética ou periférica<sup>44</sup>. Para medir a força da musculatura periférica, podem-se utilizar diferentes formas: dinamômetros de cabo, dinamômetros eletrônicos, prova de uma repetição máxima (1RM) e avaliação da força muscular respiratória.

### Dinamometria de cabo: força isométrica

Os dinamômetros de cabo são utilizados somente para medir a força isométrica, pois não são capazes de permitir o movimento articular<sup>45</sup>. Este sistema pode ser eficiente em indivíduos com alterações osteoarticulares, dificuldades de movimento ou em pacientes acamados. Entretanto, é necessário dispor de uma estrutura estável e suficientemente rígida para poder fixar o dinamômetro. Um dos dinamômetros mais utilizados pela sua facilidade de utilização e de pelo fato de não necessitar fixação, são os manuais ou Hand Grip. Porém, como inconveniente, permite somente a medida da força dos músculos flexores dos dedos da mão. Ainda que se disponha de equações de referências, sabe-se que nos pacientes com DPOC, a força muscular está mais preservada na musculatura dos membros superiores que inferiores<sup>46</sup>.

### Dinamometria motorizada: força isocinética

Os dinamômetros motorizados são os sistemas utilizados para medir a força isocinética, essencialmente empregado para avaliar o desempenho de músculos voluntários contráteis. Estão envolvidos neste procedimento de avaliação aspectos mecânicos, fisiológicos e também psicológicos. No caso das doenças respiratórias, especialmente na DPOC, a avaliação dos membros inferiores é a mais freqüentemente utilizada. A avaliação isocinética de membros inferiores no DPOC foi convertida em padrão ouro principalmente para pesquisa científica, já que se trata do sistema mais objetivo e fiável, devido ao controle do movimento e da velocidade, evitando assim o efeito indesejável produzido por outras articulações<sup>47</sup>. Entretanto, os pequenos movimentos produzidos devido a uma má adaptação do sujeito ao deslocamento angular, e o fato de se tratar de um movimento não reproduzível na natureza, pode produzir erros nos resultados<sup>48</sup>. Deve-se também relatar que foi observado em estudos que a avaliação isocinética de membros inferiores no DPOC tem uma baixa correlação com as atividades habituais de vida diária<sup>49</sup>.

### Repetição máxima: força isotônica

O teste de uma repetição máxima (RM) mede a contração voluntária máxima ou a força isotônica. Consiste em mover um peso durante um movimento articular específico. É muito freqüente que os centros de reabilitação disponham de aparelhos para a sua medida, principalmente pela sua simplicidade e por seu baixo custo. Trata-se então de uma medida dinâmica, que tem uma estreita relação com os movimentos que são produzidos durante as atividades de vida diária<sup>50,51</sup>. Sendo assim, a transição bidirecional da informação obtida é facilmente aplicável para observar a evolução e para avaliar o treinamento dos pacientes com a força muscular periférica comprometida<sup>52</sup>. Porém, trata-se de uma prova voluntária que requer um processo de aprendizado diferente de outras técnicas de avaliação por solicitar uma movimentação articular espontânea<sup>52,53</sup>.

### Avaliação da força muscular respiratória

A medida da força muscular respiratória é considerada hoje de grande valor na avaliação dos pacientes com comprometimento respiratório, sobretudo em pacientes com doenças neuromusculares. Na DPOC, a força dos músculos inspiratórios habitualmente está diminuída, devido a uma alteração mecânica causada pela hiperinsuflação direta derivada do atrapamento aéreo e não por alterações nas propriedades contráteis musculares<sup>54,55</sup>. As medidas convencionais de força são geradas a partir de uma contração máxima isométrica do volume residual (VR) para os músculos inspiratórios e a partir da capacidade pulmonar total (CPT), para os expiratórios. O resultado é um valor de pressão inspiratória máxima (PImax) e/ou pressão expiratória máxima (PEmax). Estas medidas servem para avaliar a força máxima, e atualmente, encontra-se disponível comercialmente apenas um equipamento para avaliar a endurance muscular respiratória, ainda que esta seja a propriedade mais susceptível a mudanças, depois de programas específicos de treinamento<sup>56</sup>. Sabemos hoje que a identificação da força dos músculos respiratórios, principalmente dos músculos inspiratórios, é fundamental para determinar a inclusão ou não do treinamento muscular inspiratório (TMI) nos programas de reabilitação respiratória. Geralmente, quando encontrada uma PI<sub>max</sub><60cm H<sub>2</sub>O, se aconselha o treinamento baseando-se no valor obtido<sup>57</sup>. Apesar de existir uma grande contradição do papel do TMI nos programas de reabilitação respiratória em pacientes com DPOC, existem estudos que demonstram a eficácia do treinamento com válvula linear, melhorando a força e resistência muscular inspiratória<sup>58</sup>. O TMI com uma carga linear e válvula tipo umbral, em valores de 30% da PI<sub>max</sub>, mostrou ser eficiente em aumentar

a velocidade de contração muscular<sup>59</sup>, levando a um padrão respiratório mais favorável, com um tempo inspiratório mais curto, um aumento do tempo expiratório e do tempo de relaxamento muscular durante o ciclo respiratório. Apesar dos avanços em relação ao TMI, alguns pontos ainda precisam ser esclarecidos em relação ao TMI no DPOC: que tipo de treinamento seria mais eficiente, treinamento a força, a endurance ou misto; quais técnicas deveriam ser utilizadas para avaliar os efeitos TMI, a medida de força e/ou resistência muscular; qual a magnitude da melhoria que realmente devemos esperar após o TMI, visto que o diafragma de pacientes com COPD parece ser mais ativo e mais suscetível a fadiga que de sujeitos sadios<sup>60</sup>; e por último, se o TMI pode ser considerado uma alternativa válida para melhorar a capacidade funcional em pacientes com COPD. Portanto, estas respostas são importantes para definir e padronizar um modelo de treinamento e avaliação a ser utilizado como componente de programas de reabilitação respiratória para paciente com DPOC.

## Sistemas de medição das atividades da vida diária ::::

Os instrumentos que atualmente dispõe-se para avaliar a quantidade e a intensidade das atividades de vida diária (AVD) nos pacientes com DPOC são: os questionários de atividade da vida diária e os sistemas de análise do movimento – acelerômetros espaciais e pedômetros.

A avaliação multidimensional da DPOC nos permite questionar a repercussão da intolerância ao exercício nas atividades físicas habituais destes pacientes. Os questionários de acelerômetro espaciais e pedômetros são instrumentos que possuem uma implementação irregular na avaliação clínica, principalmente porque as AVDs não vinham sendo habitualmente estudadas e nem eram um tema de interesse nas investigações científicas até então. Hoje em dia, vive-se em um momento ideal para buscar novas ferramentas que permitam, de forma simples, determinar objetivamente que níveis de AVD realizam os pacientes DPOC, assim como o impacto da doença sobre o nível de sedentarismo em relação à população saudável. Pensando dessa forma, o acelerômetro DynaPort® (Activity Monitor, McRoberts BV, The Hague, Netherlands), um monitor de atividade, foi desenvolvido, mostrando-se ser mais eficiente e completo na avaliação das AVDs quando comparado aos demais equipamentos.

### Questionários de atividade física na vida diária

Os questionários de AVD começaram a ser utilizados em populações sadias no princípio da década de 1980, para avaliar o nível de atividade física e sedentarismo em esportistas<sup>61</sup>.

Estes questionários foram então adaptados e incorporados na avaliação de pessoas idosas<sup>62</sup> por seu baixo custo, pelo pouco tempo necessário para aplicá-los e a facilidade de serem utilizados em estudos epidemiológicos<sup>63</sup>. Atualmente, existem diversos questionários adaptados ou especificamente desenhados para a avaliação das AVD em pacientes com DPOC<sup>64,65</sup>, nos quais se determina o nível de atividade física realizada e a sua relação com a dispneia percebida. Estes questionários demonstraram que são instrumentos válidos para avaliar as AVD e que tem uma elevada relação com o teste da caminhada dos seis minutos e com a qualidade de vida<sup>66</sup>. Também mostraram ser bons preditores de mortalidade independentes da função pulmonar, do índice de massa corpórea, entre outras variáveis<sup>67</sup>. Os questionários são ferramentas que, por sua natureza, permitem uma ampla utilização no contexto clínico. Além disso, pelo baixo custo, pela facilidade de aplicação e por não necessitar praticamente aprendizado, podem ser aplicados por qualquer profissional da saúde. A possibilidade de dispor de provas facilmente realizáveis na clínica, proporciona uma melhora substancial na avaliação multidimensional da DPOC<sup>68-70</sup>.

### Acelerômetros espaciais

Os acelerômetros são pequenos sensores que se acoplam ao corpo do sujeito e permitem registrar os movimentos nos três eixos espaciais, X (médio-lateral), Y (ântero-posterior) e Z (vertical). Ao mesmo tempo em que se medem a velocidade de deslocamento em cada um dos eixos, também se registra o tempo de deslocamento e os períodos de estabilidade ou não do movimento. Estes sistemas começaram a ser utilizados no mundo da atividade física em meados da década de 1990<sup>71</sup>. O objetivo deste equipamento é avaliar o tipo, a intensidade e a duração das atividades físicas realizadas pelos esportistas por meio de uma ferramenta de precisão<sup>72</sup>. Os bons resultados científicos e as boas correlações encontradas com o  $VO_{2\max}$  nos estudos realizados demonstraram sua eficácia para medir o nível de atividade física em sujeitos saudáveis. Ainda que os resultados encontrados fossem promissores, estes equipamentos são muito sensíveis ao modo e a intensidade do exercício realizado<sup>73</sup>. Nos estudos realizados, foi observado que para poder se obter uma medição confiável da atividade analisada por meio dos acelerômetros triaxiais durante atividades moderadas ou intensas, é necessário pelo menos três a quatro dias de monitorização<sup>74</sup>. A utilização dos acelerômetros em pacientes com DPOC demonstrou confiabilidade e validade durante a realização de atividades de vida diária e durante a caminhada<sup>75</sup>. Recentemente, um novo acelerômetro monitor de atividade, DynaPort®, foi desenvolvido com objetivo de demonstrar de maneira precisa o comportamento dentro do ambiente real dos pacientes. Este aparelho é

capaz de diferenciar padrões de movimento (caminhar ou pederlar, entre outras), posição corporal (em pé, sentado e deitado) além da intensidade de cada movimento. Pitta et al.<sup>76,77</sup>, em recente estudo, demonstrou que o DynaPort® (Activity Monitor, McRoberts BV, The Hague, Netherlands) monitor de atividade foi capaz de mensurar as atividades de vida diária do paciente com DPOC, encontrando uma marcada inatividade física nestes pacientes quando comparados a pessoas sedentárias.

## Pedômetros

Os pedômetros consistem em um pequeno sensor que se posiciona em um lugar determinado do corpo, habitualmente na cintura, com objetivo de avaliar as oscilações verticais do corpo. As oscilações se contabilizam somando o número total de movimentos acumulados e determinam o total de passos durante o período avaliado e a distância caminhada. Trata-se de um sistema de baixo custo, muito acessível e de fácil utilização. Além disso, ele avalia a atividade física realizada<sup>78</sup>. Apesar de suas vantagens, existe o inconveniente do registro de erros nas medições, em que poucos deslocamentos corpóreos são realizados como durante a caminhada ou a utilização de mais de um aparelho ao mesmo tempo em diferentes seguimentos corporais<sup>72</sup>. Em estudos em que se avaliou a sensibilidade dos pedômetros por meio de análise da variância, observou-se que a sensibilidade da avaliação aumenta ao associar os resultados encontrados com a freqüência cardíaca durante os deslocamentos<sup>79</sup>. Apesar dos inconvenientes dos pedômetros, quando a avaliação é associada à medida da freqüência cardíaca, este aparelho apresenta um grande potencial, pois pode permitir avaliar o nível de atividade física concretamente durante a caminhada em estudos epidemiológicos com populações numerosas. Em função das atividades que se deseja avaliar, principalmente se está relacionado à caminhada, devem-se considerar como método ótimo comparado sempre as atividades avaliadas ao sedentarismo.

Estudos recentes sugerem que os sistemas técnicos para medir a atividade física e atividade de vida diária, como acelerômetros ou pedômetros, são úteis para detectar movimentos corporais durante a caminhada de baixa intensidade, porém diminuem sua eficácia quando se pretende estimar o gasto energético associado à caminhada em alta velocidade. Finalmente, recomenda-se quando o pedômetro for utilizado para obter medições confiáveis, que a avaliação seja realizada durante período superior a três dias.

## Conclusões ::::

Com as novas ferramentas introduzidas recentemente para avaliação no DPOC, utilizar apenas parâmetros respiratórios como o valor do VEF<sub>1</sub> para estabelecer o grau de envolvimento fisiopatológico e o prognóstico funcional da doença não é suficiente, como já conhecido pela literatura médica. Vários fatores contribuem para predizer o impacto e a evolução dos pacientes com DPOC, assim como auxiliam na avaliação após intervenções como a reabilitação respiratória. O 6SWT, o ISWT e o ESWT, as provas de função muscular periférica e respiratória, o índice de BODE e a monitorização da atividade de vida diária são importantes ferramentas, úteis, simples, de fácil aplicação e importantes na definição da gravidade e do curso clínico da doença. Outros testes demonstram ter um grande potencial ainda não explorado como o teste do degrau, os testes da caminhada de 2 e 3 minutos e o teste de braços sem carga. Portanto, atualmente, os fisioterapeutas respiratórios dispõem de uma grande variedade de provas para a avaliação clínica da capacidade do exercício em pacientes com DPOC. É importante que sempre se considere a utilização de um conjunto de avaliações para planejar o melhor tratamento possível e estabelecer as melhores opções terapêuticas para o acompanhamento do tratamento, na evolução da doença e dos programas de reabilitação respiratória executados.

## Referências bibliográficas ::::

1. Pauwels RA, Buist AS, Ma P, Jenkins CR, Hurd SS; GOLD Scientific Committee. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: National Heart, Lung, and Blood Institute and World Health Organization Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD): Executive summary. *Respir Care*. 2001;46(8):798-825.
2. O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Measurement of symptoms, lung hyperinflation, and endurance during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158(5 Pt 1):1557-65.
3. Jones PW, Quirk FH, Baveystock CM, Littlejohns P. A self-complete measure of health status for chronic airflow limitation. The St. George's Respiratory Questionnaire. *Am Rev Respir Dis*. 1992;145(6):1321-7.
4. Mahler DA, Weinberg DH, Wells CK, Feinstein AR. The measurement of dyspnea. Contents, interobserver agreement, and physiologic correlates of two new clinical indexes. *Chest*. 1984;85(6):751-8.
5. 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.

6. Neder JA, Jones PW, Nery LE, Whipp BJ. Determinants of the exercise endurance capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. The power-duration relationship. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000; 162(2 Pt 1):497-504.
7. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *JAMA.* 1968;203(3):201-4.
8. McGavin CR, Gupta SP, McHardy GJ. Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. *Br Med J.* 1976;1(6013):822-3.
9. Butland RJ, Pang J, Gross ER, Woodcock AA, Geddes DM. Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1982;284(6329):1607-8.
10. Iribarri M, Gálvez JB, Gorostiza A, Ansola P, Jaca C. Comparison of the distances covered during 3 and 6 min walking test. *Respir Med.* 2002;96(10):812-6.
11. Balke B. A simple field test for the assessment of physical fitness. *Rep 63-6. Rep Civ Aeromed Res Inst US.* 1963:1-8.
12. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest.* 2001;119(1):256-70.
13. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for six minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111-7.
14. Roca J, Rincón FB, Casan P, Ortega F, Puente-Maestu L, Togores B. Pruebas de Exercício Cardiopulmonar. *Arch Bronconeumol.* 2001;37:247-68.
15. Leung AS, Chan KK, Sykes K, Chan KS. Reliability, validity, and responsiveness of a 2-min walk test to assess exercise capacity of COPD patients. *Chest.* 2006;130(1):119-25.
16. Resqueti VR, Gorostiza A, Batís J, Lopes de Santa María E, Casan P, Güell R. Beneficios de un programa de rehabilitación respiratoria domiciliaria en pacientes con EPOC grave. *Arch Bronconeumol.* 2007;43(11):599-604.
17. Gerardi DA, Lovett L, Benoit-Connors ML, Reardon JZ, ZuWallack RL. Variables related to increased mortality following out-patient pulmonary rehabilitation. *Eur Respir J.* 1996;9(3):431-5.
18. Guyatt GH, Townsend M, Keller J, Singer J, Nogradi S. Measuring functional status in chronic lung disease: conclusions from a randomized control trial. *Respir Med.* 1991;85 Suppl B:17-21.
19. Szekely LA, Oelberg DA, Wright C, Johnson DC, Wain J, Trotman-Dickenson B et al. Preoperative predictors of operative morbidity and mortality in COPD patients undergoing bilateral lung volume reduction surgery *Chest.* 1997;111(3):550-8.
20. Lacasse Y, Brosseau L, Milne S, Martin S, Wong E, Guyatt GH et al. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2002;(3):CD003793.
21. Elpern EH, Stevens D, Kesten S. Variability in performance of timed walk tests in pulmonary rehabilitation programs. *Chest.* 2000;118(1):98-105.
22. Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158(5 Pt 1):1384-7.
23. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J.* 1999;14(2):270-4.
24. Gibbons WJ, Fruchter N, Sloan S, Levy RD. Reference values for a multiple repetition 6-minute walk test in healthy adults older than 20 years. *J Cardiopulm Rehabil.* 2001;21(2):87-93.
25. Redelmeier DA, Bayoumi AM, Goldstein RS, Guyatt GH. Interpreting small differences in functional status: the Six Minute Walk test in chronic lung disease patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;155(4):1278-82.
26. Casanova C, Cote CG, Marin JM, de Torres JP, Aguirre-Jaime A, Mendez R et al. The 6-min walking distance: long-term follow up in patients with COPD *Eur Respir J.* 2007;29(3):535-40.
27. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax.* 1992;47(12):1019-24.
28. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 1988;6(2):93-101.
29. Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict  $\dot{V}O_{max}$ . *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1982;49(1):1-12.
30. Morales FJ, Montemayor T, Martinez A. Shuttle versus six-minute walk test in the prediction of outcome in chronic heart failure. *Int J Cardiol.* 2000;76(2-3):101-5.
31. Rosa FW, Camelier AA, Fleig Mayer A, Jardim JR. Optimización de la capacidad de realización de ejercicio físico mediante una prueba de la lanzadera por tramos con estimulación auditiva continua en pacientes con EPOC. *Arch Bronconeumol.* 2006;42(7):338-43.
32. Revill SM, Morgan MD, Singh SJ, Williams J, Hardman AE. The endurance shuttle walk: a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 1999;54(3):213-22.
33. Smith EL, Gilligan C. Physical activity prescription for the older adult. *Phys and Sports Med.* 1983;11:91-101.
34. Montoye HJ. *Physical Activity and Health: An Epidemiologic Study of an Entire Community.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall; 1975.
35. Kasch FW, Phillips WH, Ross WD, Carter JE, Boyer JL. A comparison of maximal oxygen uptake by treadmill and step-test procedures. *J Appl Physiol.* 1966;21(4):1387-98.
36. Leenders NY, Nelson TE, Sherman WM. Ability of different physical activity monitors to detect movement during treadmill walking. *Int J Sports Med.* 2003;24(1):43-50.
37. Pollock M, Roa J, Benditt J, Celli B. Estimation of ventilatory reserve by stair climbing. A study in patients with chronic airflow obstruction. *Chest.* 1993;104(5):1378-83.
38. Probst VS, Troosters T, Pitta F, Decramer M, Gosselink R. Cardiopulmonary stress during exercise training in patients with COPD. *Eur Respir J.* 2006;27(6):1110-8.
39. Zhan S, Cerny FJ, Gibbons WJ, Mador MJ, Wu YW. Development of an unsupported arm exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil.* 2006;26(3):180-7.

40. Celli BR, Rassulo J, Make BJ. Dysynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. *N Engl J Med.* 1986;314(23):1485-90.
41. Bauldoff GS, Hoffman LA, Sciurba F, Zullo TG. Home-based, upper-arm exercise training for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Heart Lung.* 1996;25(4):288-94.
42. Criner GJ, Celli BR. Effect of unsupported arm exercise on ventilatory muscle recruitment in patients with severe chronic airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis.* 1988;138(4):856-61.
43. Serres I, Varray A, Vallet G, Micallef JP, Préfaut C. Improved skeletal muscle performance after individualized exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil.* 1997;17(4):232-8.
44. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(4):518-624.
45. Thorland WG, Tipton CM, Lohman TG, Bowers RW, Housh TJ, Johnson GO et al. Midwest wrestling study: prediction of minimal weight for high school wrestlers. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(9):1102-10.
46. Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol.* 1991;71(2):644-50.
47. Abernethy P, Wilson G, Logan P. Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Med.* 1995;19(6):401-17.
48. Winter DA, Wells RP, Orr GW. Errors in the use of isokinetic dynamometers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1981;46(4):397-408.
49. Greenberger HB, Paterno MV. Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;22(5):202-6.
50. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(2):364-80.
51. Casas A, Vilaro J, Rabinovich R, Mayer A, Barberà JA, Rodriguez-Roisin R et al. Encouraged 6-min walking test indicates maximum sustainable exercise in COPD patients. *Chest.* 2005;128(1):55-61.
52. Abernethy P, Wilson G, Logan P. Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Med.* 1995;19(6):401-17.
53. Abernethy PJ, Jürimäe J. Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(9):1180-7.
54. Orozco-Levi M, Gea J, Lloreta JL, Félez M, Minguela J, Serrano S et al. Subcellular adaptation of the human diaphragm in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J.* 1999;13(2):371-8.
55. Levine S, Nguyen T, Kaiser LR, Rubinstein NA, Maislin G, Gregory C et al. Human diaphragm remodeling associated with chronic obstructive pulmonary disease: clinical implications. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168(6):706-13.
56. Ramirez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Guell R, Barreiro E, Hernandez N, Mota S et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(11):1491-7.
57. Löters F, van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R. Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur Resp J.* 2002;20(3):570-6.
58. Weiner P, Azgad Y, Ganam R. Inspiratory muscle training combined with general exercise reconditioning in patients with COPD. *Chest.* 1992;102(5):1351-6.
59. Villafranca C, Borzone G, Leiva A, Lisboa C. Effects of inspiratory muscle training with an intermediate load on inspiratory power output in COPD. *Eur Respir J.* 1998;11(1):28-33.
60. Sinderby C, Beck J, Spahija J, Weinberg J, Grassino A. Voluntary activation of the human diaphragm in health and disease. *J Appl Physiol.* 1998;85(6):2146-58.
61. Baecke JA, Burema J, Frijters JE. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nut.* 1982;36(5):936-42.
62. Voorrips LE, Ravelli AC, Dongelmans PC, Deurenberg P, Van Staveren WA. A physical activity questionnaire for the elderly. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(8):974-9.
63. Washburn RA, Montoye HJ. The assessment of physical activity by questionnaire. *Am J Epidemiol.* 1986;123(4):563-76.
64. Garrod R, Bestall JC, Paul EA, Wedzicha JA, Jones PW. Development and validation of a standardized measure of activity of daily living in patients with severe COPD: the London Chest Activity of Daily Living scale (LCADL). *Respir Med.* 2000;94(6):589-96.
65. Yohannes AM, Greenwood YA, Connolly MJ. Reliability of the Manchester Respiratory Activities of Daily Living Questionnaire as a postal questionnaire. *Age Ageing.* 2002;31(5):355-8.
66. Garrod R, Paul EA, Wedzicha JA. An evaluation of the reliability and sensitivity of the London Chest Activity of Daily Living Scale (LCADL). *Respir Med.* 2002;96(9):725-30.
67. Yohannes AM, Baldwin RC, Connolly M. Mortality predictors in disabling chronic obstructive pulmonary disease in old age. *Age Ageing.* 2002;31(2):137-40.
68. Saey D, Debigré R, LeBlanc P, Mador MJ, Cote CH, Jobin J et al. Contractile leg fatigue after cycle exercise: a factor limiting exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168(4):425-30.
69. Couillard A, Maltais F, Saey D, Debigré R, Michaud A, Koechlin C et al. Exercise-induced quadriceps oxidative stress and peripheral muscle dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;167(12):1664-9.
70. Serres I, Gautier V, Varray A, Préfaut C. Impaired skeletal muscle endurance related to physical inactivity and altered lung function in COPD patients. *Chest.* 1998;113(4):900-5.

71. Matthews CE, Freedson PS. Field trial of a three-dimensional activity monitor: comparison with self report. *Sci Sports Exerc.* 1995;27(7):1071-8.
72. Eston RG, Rowlands AV, Ingledew DK. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol.* 1998;84(1):362-71.
73. Fehling PC, Smith DL, Warner SE, Dalsky GP. Comparison of accelerometers with oxygen consumption in older adults during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(1):171-5.
74. Matthews CE, Ainsworth BE, Thompson RW, Bassett DR Jr. Sources of variance in daily physical activity levels as measured by an accelerometer. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(8):1376-81.
75. Steele BG, Holt L, Belza B, Ferris S, Lakshminaryan S, Buchner DM. Quantitating physical activity in COPD using a triaxial accelerometer *Chest.* 2000;117(5):1359-67.
76. Pitta F, Troosters T, Spruit MA, Probst VS, Decramer M, Gosselink R. Characteristics of physical activities in daily life in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005;171(9):972-7.
77. Pitta F, Troosters T, Spruit MA, Decramer M, Gosselink R. Activity monitoring for assessment of physical activities in daily life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(10):1979-85.
78. Leenders NYJM, Sherman WM, Nagaraja HN. Comparisons of four methods of estimating physical activity in adult women. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(7):1320-6.
79. Buckley JP, Sim J, Eston RG, Hession R, Fox R. Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise *Br J Sports Med.* 2004;38(2):197-205.