

**unesp**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Presidente Prudente

Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

**Comparação de dois sensores de movimento durante a caminhada e atividades cotidianas, em pacientes portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)**

Vinícius Cavalheri de Oliveira

Presidente Prudente

2010

**Comparação de dois sensores de movimento durante a caminhada e atividades cotidianas, em pacientes portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)**

Vinícius Cavalheri de Oliveira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/Unesp para obtenção do Título de Mestre no Curso de Pós-graduação em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Pitta

Presidente Prudente

2010



Oliveira, Vinícius Cavalheri de.  
O52e Comparação de dois sensores de movimento durante a caminhada e atividades cotidianas, em pacientes portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) / Vinícius Cavalheri de Oliveira. - Presidente Prudente: [s.n], 2010  
xvi, 120p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Orientador: Fábio Pitta  
Banca: Ercy Mara Cipulo Ramos, Simone Dal Corso  
Inclui bibliografia

1. Fisioterapia. 2. Sensores de movimentos. 3. DPOC. I. Autor. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

CDD 720

**DEDICATÓRIA**

*À Deus, mestre e autor da vida, alfa e ômega, meu refúgio, fortaleza e  
esperança.*

*À minha esposa (Fernanda), aos meus pais (Edevaldo e Lúcia) e ao meu  
irmão (Henrique) pelo amor, companheirismo e suporte.*

*Ao Prof. Antonio Fernando Brunetto (in memorian), pelo amor à fisioterapia,  
pelo exemplo profissional e pelo inesquecível período de iniciação científica.*

**AGRADECIMENTOS**

*Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Pitta pela liderança baseada em SERVIR, característica nobre, digna de um sábio. Por, com excelência, não orientar-me apenas nas pesquisas, mas sim, como um mestre que se importa com seu discípulo, orientar-me nos desafios da vida. Por sempre lembrar-me, na maioria das vezes sem palavras, que o que realmente importa é ser um homem de valor, e não de sucesso.*

*Ao Prof. Antonio Fernando Brunetto (in memorian) por ser um sonhador e entusiasta. Por ensinar que a perseverança é o grande agente do êxito.*

*Aos professores Dr<sup>a</sup> Ercy Mara Cipulo Ramos, Dr<sup>a</sup>. Dionei Ramos pela imenso suporte e contribuição durante todo o período do curso e por constituírem a banca de meu exame de Qualificação.*

*À FAPESP pelo apoio financeiro imprescindível para a realização dos estudos.*

*Ao meu grande e eterno amigo, companheiro de pesquisa, colega de turma, padrinho de casamento, sócio e muito mais... GUTO (Carlos Augusto Camillo), pela parceria fiel, sinceridade e momentos especiais dentro e fora do laboratório.*

*Aos colegas do Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Pulmonar (LFIP) por colaborarem cientificamente com a execução dos estudos.*

*Em especial, agradeço ao trio, Leila, Thiemi e Matheus, meus três braços-direito durante o período do mestrado; também à dupla de colegas de turma e de inesquecíveis viagens à Prudente, Nídia e Mahara. Não posso esquecer de outros colegas do LFIP: Karina, Demétria, Leandro, Thaís, Rafael, Juliana, Fabiane e Alexandre por tantos momentos especiais e pelo investimento no grupo LFIP.*

*A todos os professores do Programa de Pós-graduação da FCT/Unesp por compartilharem seus conhecimentos e empenharem-se em construir um reconhecido curso de pós-graduação.*



**ΕΠΙΓΡΑΦΕ**

*“Há duas formas para viver a sua vida:  
Uma é acreditar que não existe milagre.  
A outra é acreditar que todas as coisas são um milagre.”*

*Albert Einstein*

**SUMÁRIO**

## SUMÁRIO

<b>Apresentação</b>	
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	2
<b>ARTIGOS CIENTÍFICOS</b> .....	8
Artigo 1 " Step Counting and Energy Expenditure Estimation in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Healthy Elderly: Accuracy of 2 Motion Sensors" .....	8
Artigo 2 " Energy expenditure during daily activities as measured by two motion sensors in COPD" .....	37
<b>CONCLUSÕES</b> .....	66
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	68
<b>Anexos</b> .....	
Anexo 1 - Normas para publicação no periódico Jornal Brasileiro de Pneumologia .....	
Anexo 2 - Normas para publicação no periódico Respiratory Medicine.....	

**APRESENTAÇÃO**

## APRESENTAÇÃO

Esta dissertação é composta de uma introdução e de dois artigos científicos, originados de pesquisas realizadas no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Pulmonar do Departamento de Fisioterapia da Universidade Estadual de Londrina em conjunto com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Presidente Prudente. Em consonância com as regras do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia desta instituição, os artigos foram redigidos de acordo com as normas dos periódicos Archives of Physical Medicine and Rehabilitation (anexo 1) e European Respiratory Journal (anexo 2).

Karina C. Furlanetto, Gianna K. W. Bisca, Nicoli Oldemberg, Thaís J. P. Sant’Anna, Fernanda K. Morakami, Carlos Augusto Camillo, Vinicius Cavalheri, Ercy M. C. Ramos, Antonio F. Brunetto, Fábio Pitta. Step Counting and Energy Expenditure Estimation in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Healthy Elderly: Accuracy of 2 Motion Sensors. Publicado na Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2010;91:261-267

pág. 08

Vinicius Cavalheri, Leila Donária, Thiemi Ferreira, Matheus Finatti, Carlos Augusto Camillo, Ercy Mara Cipulo Ramos, Fábio Pitta. Energy expenditure during daily activities as measured by two motion sensors in COPD. Em revisão no European Respiratory Journal 2010.

pág. 37

**INTRODUÇÃO**

## INTRODUÇÃO

De acordo com o *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)*<sup>(1)</sup>, a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é definida como: “*uma doença prevenível e tratável com alguns efeitos extrapulmonares significantes que podem contribuir para a gravidade individualmente. O componente pulmonar da doença é caracterizado pela limitação ao fluxo aéreo que não é totalmente reversível. A limitação ao fluxo aéreo é geralmente progressiva e associada à resposta inflamatória anormal dos pulmões a partículas nocivas ou gases*”. Atualmente, a DPOC é a maior causa de morbidade e a quarta causa de mortalidade mundialmente<sup>(1)</sup>. Sua prevalência vem aumentando substancialmente devido ao envelhecimento da população e estima-se que, em 2020, a DPOC seja a terceira causa de morte mais comum no mundo<sup>(2)</sup>.

Além da dispnéia, tosse, sibilância, produção de secreção e infecções respiratórias de repetição, em muitos pacientes a doença está associada a diversas manifestações sistêmicas. Estas podem resultar efetivamente em piora da capacidade funcional, reduzindo a qualidade de vida e aumentando a mortalidade desses pacientes. As consequências sistêmicas incluem disfunção muscular esquelética, intolerância ao exercício, doença cardiovascular associada, perda de peso, desnutrição, ansiedade e depressão<sup>(3;4)</sup>.

Um dos aspectos mais marcantes no que diz respeito às limitações impostas pela Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é a limitação dos pacientes no desempenho de suas atividades cotidianas<sup>(1)</sup>. Essa



limitação funcional, incluindo a inatividade no dia-a-dia<sup>(5)</sup> e o alto gasto energético para atividades simples<sup>(6)</sup>, tem um papel importante na morbidade e mortalidade dessa população. A mensuração objetiva e detalhada das atividades físicas na vida diária é atualmente considerada parte fundamental na avaliação global de pacientes com DPOC, tanto devido à íntima relação entre o nível de atividade física e saúde quanto devido ao crescente interesse científico na investigação aprofundada dessa relação<sup>(7)</sup>. No entanto, ainda há poucas informações sobre o tipo de atividade diária que demanda mais energia para os pacientes com DPOC.

A avaliação do desempenho funcional nas atividades cotidianas por meio da avaliação do gasto energético durante atividades físicas pode ser realizada objetivamente através de diferentes métodos. Os métodos considerados como referência para determinação do gasto energético (calorimetria indireta) são o método rádio-isótopo ou da água duplamente marcada (*doubly-labeled water method*) e a análise de gases por meio de transdutores metabólicos. Apesar de serem métodos acurados, eles apresentam como desvantagens o alto custo e a complexidade técnica, fatores que limitam seu uso em larga escala<sup>(8)</sup>. Questionários, por outro lado, são métodos baratos e de aplicação simples. Porém, dependem da memória e percepção do indivíduo, além de possuírem reprodutibilidade limitada, o que restringe sua acurácia<sup>(7)</sup>. Diante dessas dificuldades, uma alternativa viável é a estimativa do gasto energético por meio do uso de sensores de movimento, como pedômetros (aparelhos simples e de baixo custo, que detectam movimento vertical do quadril) e acelerômetros (aparelhos tecnologicamente

mais avançados que quantificam aceleração e estimam o gasto energético em diferentes atividades físicas).

Dentre os sensores de movimento mais utilizados freqüentemente na literatura científica, destacam-se o pedômetro Digiwalker SW701 (Yamax, Estados Unidos)<sup>(9;10)</sup> e o acelerômetro multisensor Sensewear Armband (BodyMedia, Estados Unidos)<sup>(11-13)</sup>. Ambos os aparelhos são capazes de estimar o gasto energético e o número de passos realizados em um determinado período. São pequenos, portáteis e fáceis de usar (na cintura e no braço, respectivamente) e, portanto, são facilmente aplicáveis tanto em pesquisas científicas quanto na prática clínica. Além disso, fornecem a possibilidade de quantificar as atividades físicas do dia-a-dia na vida real, e não somente em laboratório. Por outro lado, os dois aparelhos apresentam diferenças fundamentais em relação à complexidade tecnológica e ao preço.

O Sensewear Armband é consideravelmente mais caro por tratar-se de um aparelho que dispõe de um acelerômetro biaxial e uma variedade de sensores fisiológicos que tectam as mudanças de temperatura, fluxo e resistência galvânica (impedância) do tecido cutâneo. Já o DigiWalker, um pequeno aparelho contador de passos, é caracterizado pela simplicidade tecnológica e baixo custo. Apesar de serem aparelhos comumente utilizados em investigações recentes, a literatura científica ainda não dispõe de estudos comparando a acurácia de um simples pedômetro (como o Digiwalker SW700) com um aparelho tecnologicamente mais avançado (como o acelerômetro multi-sensor Sensewear Armband) quanto à determinação do gasto energético durante atividades diárias em pacientes com DPOC.

Estudos comparando aparelhos similares aos descritos acima foram realizados em indivíduos saudáveis e utilizando protocolos envolvendo exercício físico (e não em atividades cotidianas)<sup>(14-16)</sup>. No entanto, existem diferenças de gasto energético entre pacientes com DPOC e indivíduos saudáveis<sup>(17)</sup>. Além disso, devido ao fato de tratar-se de dois instrumentos com características distintas sendo usados em uma população marcadamente inativa como pacientes com DPOC, pode haver diferença de sensibilidade na detecção de movimento entre os dois aparelhos. Esses podem ser fatores decisivos na acurácia da determinação do gasto energético em atividades cotidianas nessa população.

Como a mensuração do gasto energético na vida diária com sensores de movimento tem ganho interesse crescente na literatura científica, é importante investigar se há diferença de acurácia entre os principais instrumentos utilizados para determinação do gasto energético nas atividades da vida diária em pacientes com DPOC. Portanto, torna-se imperativo que se determine se os aparelhos são confiáveis para que não se incorra em erro metodológico ao avaliar-se as limitações funcionais impostas aos portadores de DPOC em decorrência da doença.

Por esta razão, os objetivos dos estudos presentes nesta dissertação foram os seguintes: 1) Comparar a acurácia do dois sensores de movimento (pedômetro Digiwalker SW701 e multisensor SenseWear Armband) quanto a contagem de passos e estimativa de gasto energético em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica e idosos saudáveis durante diferentes velocidades de caminhada em esteira; e 2) determinar qual das atividades cotidianas são mais desgastantes para pacientes com DPOC, além de

comparar a acurácia da estimativa do gasto energético do pedômetro Digiwalker SW701 com a do multisensor SenseWear Armband durante um protocolo de atividades cotidianas.

**ARTIGOS CIENTÍFICOS**

## ARTIGOS CIENTÍFICOS

### Artigo 1

**Contagem de passos e estimativa do gasto energético em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica e idosos saudáveis: acurácia de 2 sensores de movimento**

**Step Counting and Energy Expenditure Estimation in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Healthy Elderly: Accuracy of 2 Motion Sensors**

#### **Autores:**

Karina C. Furlanetto<sup>1</sup>, Gianna K. W. Bisca<sup>1</sup>, Nicoli Oldemberg<sup>1</sup>, Thaís J. P. Sant'Anna<sup>1</sup>, Fernanda K. Morakami<sup>1</sup>, Carlos Augusto Camillo<sup>1</sup>, Vinicius Cavalheri<sup>1,2</sup>, Ercy M. C. Ramos<sup>2</sup>, Antonio F. Brunetto<sup>1</sup>, Fábio Pitta<sup>1\*</sup>.

#### **Instituições:**

<sup>1</sup> Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Pulmonar (LFIP), Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Presidente Prudente, SP, Brazil.

#### **\*Endereço para correspondência**

Prof. Fábio Pitta

Departamento de Fisioterapia – Universidade Estadual de Londrina

Av. Robert Koch, 60 – Vila Operária - 86038-440, Londrina – PR, Brasil.

Telefone: (43) 3371 2477

E-mail: fabiopitta@uol.com.br

## RESUMO

**Objetivo:** Comparar a acurácia de dois sensores de movimento (um pedômetro e um multisensor) quanto a contagem de passos e estimativa de gasto energético (GE) em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e idosos saudáveis.

**Delineamento:** Neste estudo descritivo, todos os participantes usavam os dois sensores de movimento durante um protocolo de caminhada em esteira, em 3 diferentes velocidades, correspondentes a 30%, 60% e 100% de a velocidade média atingida durante o teste de caminhada de seis minutos. Como métodos critério, o GE foi estimado pela calorimetria indireta, e o número de passos foi registrado por meio de gravação de vídeo.

**Local:** Laboratório de pesquisa do hospital universitário

**Participantes:** Pacientes com DPOC (n=30; 17 homens; idade média  $\pm$  DP, 67 $\pm$ 8; volume expiratório forçado no primeiro segundo [VEF<sub>1</sub>] em porcentagem do previsto, 46 $\pm$ 17%; índice de massa corpórea [IMC], 24 $\pm$ 4 Kg.m<sup>-2</sup>) e idosos saudáveis pareados (n=30; 15 homens; idade média  $\pm$  DP, 68 $\pm$ 7; VEF<sub>1</sub>, 104 $\pm$ 21%; IMC, 25 $\pm$ 3 Kg.m<sup>-2</sup>).

**Intervenções:** Não se aplica

**Principais Variáveis Mensuradas:** Contagem de passo e estimativa do GE durante um protocolo de caminhada em esteira.

**Resultados:** O pedômetro foi acurado para a contagem de passos e estimativa do GE em ambos, pacientes com DPOC e idosos saudáveis na velocidade mais alta. No entanto, ele mostrou significativa subestimação nas 2 velocidades mais baixas em ambos os grupos. O multisensor não detectou passos acuradamente em nenhuma das velocidades, embora estimou o GE de maneira acurada em todas as velocidades em idosos saudáveis e nas velocidades intermediária e alta em pacientes com DPOC.

**Conclusões:** Em ambos os pacientes com DPOC e idosos saudáveis, o multisensores mostraram melhores estimativas EE durante mais andar velocidades que o pedômetro. Por outro lado, para a contagem de passos, precisão é observada apenas com o pedômetro durante o maior velocidade de andar em ambos os grupos.

**Palavras-chave:** doença pulmonar, obstrutiva crônica; reabilitação.

## ABSTRACT

**Objective:** To compare the accuracy of 2 motion sensors (a pedometer and a multisensor) in terms of step counting and estimation of energy expenditure (EE) in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and in healthy elderly.

**Design:** In this descriptive study, all participants wore both motion sensors while performing a treadmill walking protocol at 3 different speeds corresponding to 30%, 60%, and 100% of the average speed achieved during a six-minute walk test. As criterion methods, EE was estimated by indirect calorimetry, and steps were registered by videotape.

**Setting:** Research laboratory at a university hospital.

**Participants:** Patients with COPD (n=30; 17 men; mean age  $\pm$  SD, 67 $\pm$ 8y; mean forced expiratory volume in the first second [FEV<sub>1</sub>] predicted  $\pm$  SD, 46% $\pm$ 17%; mean body mass index [BMI]  $\pm$  SD, 24 $\pm$ 4kg·m<sup>-2</sup>) and matched healthy elderly (n=30; 15 men; mean age  $\pm$  SD, 68 $\pm$ 7y; mean FEV<sub>1</sub> predicted  $\pm$  SD, 104% $\pm$ 21%; mean BMI  $\pm$  SD, 25 $\pm$ 3kg·m<sup>-2</sup>).

**Interventions:** Not applicable.

**Main Outcome Measure:** Step counting and EE estimation during a treadmill walking protocol.

**Results:** The pedometer was accurate for step counting and EE estimation in both patients with COPD and healthy elderly at the higher speed. However, it showed significant underestimation at the 2 slower speeds in both groups. The multisensor did not detect steps accurately at any speed, although it accurately estimated EE at all speeds in healthy elderly and at the intermediate and higher speeds in patients with COPD.

**Conclusions:** In both patients with COPD and healthy elderly, the multisensor showed better EE estimates during most walking speeds than the pedometer. Conversely, for step counting, accuracy is observed only with the pedometer during the higher walking speed in both groups.

**Key Words:** Pulmonary disease, chronic obstructive; Rehabilitation.



## Introdução

Atividade física na vida diária pode ser considerada como a totalidade de movimentos voluntários produzidos por músculos esqueléticos durante as atividades do dia-a-dia.<sup>1</sup> Sua correta quantificação tornou-se um desafio para a obtenção de uma adequada avaliação da relação entre atividade física diária e saúde.<sup>2</sup>

A DPOC é caracterizada pela limitação ao fluxo aéreo, dispnéia e redução da capacidade de exercício, da força muscular e da qualidade de vida.<sup>3</sup> Pacientes com DPOC gastam menos tempo andando na vida diária do que idosos saudáveis pareados para idade, além de andarem com uma menor intensidade de movimento.<sup>4</sup> Além disso, estudos anteriores<sup>5-8</sup> têm demonstrado que a inatividade física é um importante preditor de reinternação hospitalar e de risco de morbi/mortalidade nessa população. Devido ao íntimo relacionamento entre a inatividade física, invalidez e mortalidade, o interesse na mensuração objetiva da atividade física na vida diária em pacientes com DPOC tem ganho crescente interesse.<sup>9</sup>

O gasto energético e o número de passos são desfechos comuns na avaliação da atividade física na vida diária. Para se obter uma avaliação acurada destes desfechos a aplicação de métodos de referência é recomendada. Para a avaliação do gasto energético, a literatura geralmente recomenda o método da água duplamente marcada (*doubly-labeled water method*) ou calorimetria indireta.<sup>10-13</sup> Para a determinação do número de passos, a observação direta e filmagem foram consideradas como métodos de referência.<sup>14</sup> Entretanto, estas técnicas não são facilmente utilizadas no dia-a-dia devido à sua complexidade metodológica, , praticabilidade limitada e/ou alto

custo. Recentemente, o uso de sensores de movimento tem ganho um grande reconhecimento. Estes, são instrumentos para detecção de movimento corporal. Eles são utilizados para quantificar atividade física na vida diária objetivamente durante um período<sup>14</sup> de tempo. Pedômetros (por exemplo, o Digiwalker SW701)<sup>a</sup> e multisensores (por exemplo, o Armband)<sup>b</sup> estão entre os sensores de movimento mais utilizados. Ambos quantificam número de passos e estimam o gasto energético total, fornecendo informação de condições de vida diária e não apenas informações derivadas de exames laboratoriais. No entanto, os instrumentos apresentam diferenças marcantes quanto a complexidade tecnológica e custo. O SenseWear é mais caro por ser composto por um acelerômetro biaxial e diversos sensores fisiológicos, em contraste com o menor custo e simplicidade tecnológica do pedômetro, que envolve um sistema simples para a detecção do movimento vertical do quadril como um passo.<sup>13-16</sup>

Schneider et al.<sup>15</sup> demonstraram que o pedômetro Digiwalker SW701 é mais acurado que uma diversidade de outros dispositivos para contagem de passos em adultos saudáveis. O SenseWear, por outro lado, foi comparado com acelerômetros uniaxiais, biaxiais e triaxiais e apresentou a mais acurada estimativa de gasto energético total na maioria das velocidades de caminhada em esteira.<sup>17</sup> No entanto, não há estudos comparando a precisão de um instrumento simples como o pedômetro Digiwalker SW701 e multisensores tecnologicamente avançados como o SenseWear quanto as estimativas de número de passos e gasto energético durante a atividade física, especialmente em indivíduos caracterizados por inatividade e caminhada lenta, como pacientes com DPOC. Essas informações poderiam ajudar na tomada de

decisão para a escolha de um monitor de atividade física para este grupo de doentes.

Devido à necessidade crescente de técnicas objetivas que detectam acuradamente a atividade física, o objetivo deste estudo foi investigar a acurácia do pedômetro Digiwalker SW701 e do multisensor SenseWear na estimativa do gasto energético e contagem de passos em comparação com métodos de referência e entre eles em pacientes com DPOC e idosos saudáveis.

## **Materiais e Métodos**

### *Participantes*

O estudo envolveu 43 pacientes com DPOC do Ambulatório de Fisioterapia Respiratória do Hospital Universitário de Londrina (Brasil) e 39 idosos saudáveis que eram parentes ou conhecidos dos alunos do referido hospital universitário. Os grupos foram pareados por idade, IMC e sexo. Os critérios de inclusão para os indivíduos saudáveis foram (1) ausência de anormalidades espirométricas; (2) ausência de disfunção nos ossos, nervos, e/ou músculos que poderiam interferir na avaliação de atividade física e (3) IMC inferior a  $30\text{kg.m}^{-2}$ . Além dos critérios 2 e 3, os critérios de inclusão para o grupo de pacientes com DPOC foram (1) diagnóstico de DPOC com base nos critérios espirométricos, clínicos e radiológicos internacionalmente aceitos,<sup>3</sup> e (2) estabilidade clínica (ausência de exacerbações) por pelo menos três meses antes da inclusão no estudo. Todos os indivíduos foram informados sobre os procedimentos do estudo e forneceram consentimento formal para sua

participação. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina / UEL HU.

#### *Delineamento do Estudo e do Protocolo*

Neste estudo descritivo, todos os indivíduos foram submetidos a uma primeira avaliação da função pulmonar e capacidade funcional de exercício (teste de caminhada dos 6 minutos - TC6) como medidas de triagem. Para a determinação do tamanho do passo, os indivíduos foram instruídos a caminhar (como em suas caminhadas diárias) 10 passos em uma linha reta. A distância total foi medida e dividida por 10. Após isto, cada sujeito realizou o seguinte protocolo: andar em um esteira elétrica<sup>c</sup> sem inclinação em 3 diferentes velocidades correspondente a 30%, 60% e 100% da velocidade média obtida durante o TC6 (velocidades 1, 2 e 3, respectivamente). Cada velocidade foi mantida por um minuto, com um minuto de descanso entre elas. Durante o protocolo de caminhada na esteira, os indivíduos usavam ambos os sensores de movimento do estudo: o pedômetro Digiwalker SW701 na cintura, do lado direito (linha hemiclavicular) e o multisensor SenseWear no braço direito. Como método critério para estimativa do gasto energético, a calorimetria indireta foi utilizada simultaneamente por um analisador de gás portátil. O aparelho foi calibrado antes de cada avaliação, de acordo com as instruções do fabricante. O gasto energético (em kcal, para a normalização das unidades) foi obtido a partir da avaliação do consumo de oxigênio ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). O exato início e fim da caminhada em cada velocidade foram sincronizados em todos os dispositivos, com a presença de pelo menos três avaliadores durante cada teste (isto é, um investigador para iniciar o analisador de gás portátil, um para

iniciar a câmera de vídeo e outro para iniciar os 2 sensores de movimento simultaneamente). Ao mesmo tempo, o protocolo de caminhada na esteira foi filmado por uma câmera digital (Sony Cyber Shot DSC-W50<sup>d</sup>) como método critério para a contagem de passos. Os resultados de ambos os sensores de movimento (gasto energético e número de passos) foram comparados com os métodos critério e entre si.

#### *Avaliação da Função Pulmonar*

A espirometria simples foi realizada com o espirômetro Pony.<sup>e</sup> A técnica foi realizada de acordo com a American Thoracic Society.<sup>18</sup> O VEF<sub>1</sub> e a capacidade vital forçada foram obtidos pós-broncodilatador. Os valores de referência foram os de Knudson et al.<sup>19</sup>

*Teste de caminhada dos 6 minutos.* O TC6 foi realizado de acordo com os padrões internacionais.<sup>20</sup> Os pacientes foram incentivados a caminhar seis minutos o mais rápido que podiam, em um reta corredor nivelado de 30 metros. Dois testes foram realizados com cada indivíduo, e a maior distância foi utilizada para calcular a velocidade média e, conseqüentemente, calcular as 3 velocidades de caminhada. Os valores normais foram os de Troosters et al.<sup>21</sup>

*Multisensor SenseWear armband.* O Multisensor SenseWear armband é um pequeno (8.8 x 5.6 x 2.1cm) e leve (82g) monitor que é usado na região superior e posterior da braço direito. Informações sobre vários parâmetros, incluindo acelerometria, múltiplos sensores fisiológicos e características demográficas como sexo, idade, peso, altura e braço dominante são utilizados

para estimar o gasto energético através de algoritmos desenvolvidos pelo fabricante.<sup>11,14</sup> Dentre os principais desfechos do aparelho, os mais comumente utilizados são o gasto energético total, a média de MET, o gasto energético em atividades que exigem mais de 3 MET, o tempo gasto em atividades sedentárias (< 3 MET), moderada (3-6 MET) e atividades vigorosas (6-9 MET), bem como o número de passos detectado. Um relatório final é obtido através da análise dos dados por um software específico (*Inner View*).<sup>b</sup>

*Pedômetro Digiwalker SW701.* O Digiwalker SW701 é um dispositivo simples e relativamente barato, usado ligado à cintura, que fornece o número de passos realizados, a distância, e a estimativa do gasto energético em um determinado período de tempo. Para isto, o dispositivo necessita de algumas características do indivíduo que o utiliza, tais como peso e comprimento do passo. Seu mecanismo é composto por um sistema interno de molas alavancadas que são sensíveis aos movimentos verticais do quadril. Esta alavanca é conectada a um circuito elétrico que calcula cada deflexão como um passo. Além disso, com base na contagem de movimento do dispositivo, também proporciona uma estimativa de gasto energético ativo.

*Analisador de gás portátil.* O sistema metabólico portátil VO<sub>2000</sub> AeroGraph<sup>f</sup> é um transdutor de análise metabólica para trocas gasosas pulmonares, projetado para operar conectado a um computador, previamente testado e validado.<sup>11</sup> O sistema fornece estimativa do gasto energético por calorimetria indireta executando de análise contínua do consumo de oxigênio, produção dióxido de carbono e volume expirado.

### *Análise Estatística*

A análise foi realizada com o *software* Prism.<sup>9</sup> O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar a normalidade dos dados. Como os dados apresentaram distribuição normal, testes paramétricos foram utilizados e os resultados foram expressos como média e DP. A comparação entre o grupo de pacientes com DPOC e o grupo de idosos saudáveis foi realizada pelo teste *t* não pareado. *One-way* ANOVA foi utilizado para a comparação dos dispositivos (número de passos e estimativa do gasto energético em cada velocidade e na soma dos três velocidades), seguido do pós-teste de *Tukey*. Além disso, a concordância entre as medidas foi estudada pela análise gráfica de *Bland & Altman*. Para todas as análises, a significância estatística foi fixado em *p* menor que 0,05.

### **Resultados**

Treze pacientes com DPOC e 9 idosos saudáveis foram excluídos por causa de intolerância a um dos testes ou interrupção do protocolo como uma decorrência da não adaptação ao bocal do sistema metabólico. O grupo de pacientes com DPOC que permaneceu (n=30; 17 homens) foi caracterizado pela redução função pulmonar e capacidade funcional e IMC normal. A maioria dos indivíduos (73%) apresentou obstrução moderada de acordo com a classificação da Iniciativa Global para Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (GOLD)<sup>3</sup> (tabela 1). O grupo de idosos saudáveis (N=30; 15 homens) apresentaram valores normais da função pulmonar, capacidade funcional de exercício, e IMC (ver tabela 1). A velocidade de caminhada foi significativamente diferente entre os grupos em todas as velocidades (ver

tabela 1). Os grupos não apresentaram diferenças significativas em relação a idade, peso, altura e IMC.

#### *Pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica*

A Tabela 2 mostra que, no grupo com DPOC, o número de passos registrado pelo pedômetro foi significativamente menor do que o registrado na gravação de vídeo na primeira e segunda velocidades ( $p < 0.001$ ), sem diferença estatística na terceira velocidade. No que diz respeito à contagem de passos do multisensor, houve significativa subestimação em comparação com a o vídeo nas 3 velocidades ( $p < 0.001$ ). A comparação da detecção de número de passos estimado pelos 2 sensores de movimento demonstrou significativa subestimação do multisensor comparado com o pedômetro na terceira velocidade e na soma de todas as velocidades (ver tabela 2).

A tabela 3 mostra que a estimativa do gasto energético pelo pedômetro foi estatisticamente semelhante à calorimetria indireta somente na terceira velocidade, com subestimação significativa na primeira e segunda velocidades ( $p < 0.001$ ). Por outro lado, o multisensor apresentou estimativa do gasto energético semelhante à da calorimetria indireta na segunda e terceira velocidade, com subestimação significativa somente na primeira velocidade ( $p < 0,05$ ). Quando comparada a estimativa do gasto energético entre os dois sensores de movimento, o pedômetro obteve valores significativamente mais baixos na primeira velocidade (ver tabela 3).

Houve significativa subestimação do número total de passos ao longo do protocolo na sua íntegra (isto é, somando as três velocidades), tanto pelo pedômetro quanto pelo multisensor (ver tabela 2). A análise de *Bland &*



*Altman* para o número de passos (fig. 1A) retrata uma subestimativa média de 100 passos para o pedômetro e 158 passos para o multisensor, em uma média de 324 passos realizados durante as 3 velocidades. Para o pedômetro (ver fig 1A, esquerda), a plotagem demonstra uma significativa correlação negativa ( $r=-0,50$ ), indicando que quanto menor o número total de passos executados, maior a subestimação. Por outro lado, a estimativa do gasto energético total fornecido pelo multisensor durante todo o protocolo não apresentou diferença estatística em relação à calorimetria indireta, enquanto o pedômetro apresentou uma subestimação significativa (ver tabela 3). A análise de *Bland & Altman* para o gasto energético (fig. 1B) apresenta uma subestimação média de 7,3kcal para o pedômetro e 3,9kcal para o multisensor em uma média de 16kcal gastas durante as 3 velocidades. Tanto para o pedômetro quanto para o multisensor, a plotagem demonstra significativas correlações positivas ( $r=0,60$  e  $r=0,52$ , respectivamente), indicando que quanto maior o gasto energético total, maior a subestimação.

#### *Idosos Saudáveis*

A Tabela 4 mostra que o número de passos registrados pelo pedômetro no grupo de idosos saudáveis foi estatisticamente similar ao vídeo apenas na terceira velocidade, enquanto que o multisensor apresentou subestimação significativa em comparação com o vídeo em todas as velocidades ( $p<0,001$ ). A comparação da detecção de passos entre os dois sensores de movimento mostrou uma subestimação significativa do multisensor comparado com o pedômetro na terceira velocidade.

Quanto ao gasto energético, a tabela 5 mostra significativa subestimação do pedômetro em comparação com calorimetria indireta na primeira e segunda velocidades ( $p < 0,001$ ). Por outro lado, a estimativa do multisensores não apresentou diferenças com relação à calorimetria indireta, em todas as velocidades. Quando comparada a estimativa do gasto energético a energia dos dois sensores de movimento, houve uma considerável subestimação do pedômetro na primeira e na segunda velocidade (ver tabela 5).

No grupo de idosos saudáveis, assim como observado no grupo de pacientes com DPOC, houve significativa subestimação do número total de passos tanto por parte do pedômetro quanto do multisensor (ver tabela 4). A análise de *Bland & Altman* para o número de passos (fig. 2A) retrata uma subestimação média de 88 passos para o pedômetro e 110 passos para o multisensor, em uma média de 348 passos realizados durante as 3 velocidades. Para o pedômetro (ver figura 2A, esquerda), a plotagem demonstrou uma significativa correlação negativa ( $r = -0,57$ ), indicando que quanto menor o número total de passos executados, maior a subestimação. Mais uma vez à semelhança do grupo DPOC, a estimativa do gasto energético total fornecida pelo multisensor não apresentou diferença em relação à calorimetria indireta, ao passo que o pedômetro demonstrou significativa subestimação (vide tabela 5). Houve também significativa subestimação do gasto energético estimado pelo pedômetro comparado com o estimado pelo multisensor. A análise de *Bland & Altman* para o gasto energético (fig. 2B) mostrou correlações significativas tanto para o pedômetro quanto para o

multisensor ( $r=0,67$  e  $r=0,61$ ; respectivamente), indicando que quanto maior o gasto energético total, maior a subestimação.

## **Discussão**

### *Pedômetro*

O pedômetro de molas alavancadas utilizado neste estudo foi previamente sugerido como superior a outros dispositivos em diferentes velocidades de caminhada na esteira diferentes<sup>22,23</sup> e para distâncias pré-determinadas.<sup>22,24</sup> No entanto, a contagem de passo do pedômetro no presente protocolo foi inacurada, tanto em pacientes com DPOC quanto em idosos saudáveis nas velocidades baixa e moderada em comparação com o método critério, contudo foi preciso para a contagem passos durante a velocidades mais alta. As figuras 1A e 2A (à esquerda) mostram que a subestimação do pedômetro é maior em velocidades de caminhada mais lentas. Estes resultados corroboram com alguns dados prévios da literatura que mostram que pedômetros detectam passos adequadamente em comparação com um acelerômetro uniaxial (*Computer Science and Applications Inc<sup>h</sup>*) em altas velocidades, mas subestimam passos em velocidades baixas, característica normalmente observada em pessoas idosas.<sup>16</sup> Além disso, Pitta et al.<sup>4</sup> mostraram que pacientes com DPOC caminham com intensidade 25% menor em comparação com idosos saudáveis. Esses fatos levantam questões importantes sobre o uso de pedômetros para contar passos tanto de pacientes com DPOC durante a vida diária, quanto de idosos saudáveis que andam lentamente. Para colaborar com esta preocupação, a soma de passos

detectada pelo pedômetro durante todo o protocolo foi significativamente menor do que o método de referência, confirmando a limitação do dispositivo para ambas populações incluídas neste estudo.

Uma provável explicação para a inacurácia desse tipo de dispositivo é o fato de que os movimentos verticais do quadril são menos marcantes em velocidades mais baixas (ou seja, com uma magnitude insuficiente para gerar o contato da mola para o circuito elétrico), e os sensores normalmente não conseguem registrar alguns destes movimentos.<sup>1,16</sup> Além disso, Tudor-Locke et al.<sup>25</sup> demonstraram que o pedômetro Yamax SW-200, um dispositivo com um mecanismo semelhante ao do pedômetro utilizado neste estudo, necessita de uma força de 0,35g para registrar um passo, subestimando passos comparado a um acelerômetro cuja sensibilidade é 0,30g. Isto indica que o pedômetro pode não ter detectado passos adequadamente por ser um dispositivo com sensibilidade relativamente baixa. A sensibilidade de cada sensor de movimento é determinada não apenas pelo seu tipo (pedômetro, acelerômetro), mas também por especificações técnicas de cada aparelho, o que implica que não necessariamente que todos os tipos de pedômetros são menos sensíveis do que todos os tipos de acelerômetros.

No presente estudo, a estimativa de gasto energético do pedômetro foi semelhante à estimativa fornecida pela calorimetria indireta apenas na terceira velocidade, para ambos os grupos. Isto reforça o conceito de que pedômetros são mais acurados em altas velocidades. No entanto, na primeira e segunda velocidade (correspondentes a 30% e 60% da velocidade do TC6, respectivamente) e na soma de todas as velocidades, o pedômetro não repetiu este desempenho. De acordo com Crouter et al,<sup>23</sup> pedômetros geralmente têm

uma precisão limitada para estimar a distância percorrida e precisão ainda mais limitada para estimar o gasto energético. Isto pode ocorrer devido a mecanismo dos pedômetros para o cálculo do gasto energético: é baseado na contagem de passos do indivíduo. Se a contagem de passos não é acurada em velocidades mais baixas, o gasto energético também não será corretamente estimado. No entanto, isso pode não ser o único fator, porque o gráfico de *Bland & Altman* (ver figuras 1B e 2B, à esquerda) mostra que a subestimação é maior em maiores taxas metabólicas, independentemente do número de passos e da velocidade. Razões para isso podem incluir o aumento do gasto energético em altas taxas metabólicas devido a um trabalho ventilatório aumentado (no caso de pacientes com DPOC) e devido ao uso de equações de predição genéricas (no caso de ambos, pacientes com DPOC e idosos), como discutido com mais detalhes a seguir no tópico.

### *Multisensor*

O multisensor não estimou de forma acurada o número de passos em todas as velocidades dos dois grupos incluídos no presente estudo. Uma provável explicação para este resultado é que este dispositivo é usado no braço, embora o mecanismo de detecção de passos não seja claramente descrito pelo fabricante.

Diferentemente do pedômetro, o mecanismo de cálculo do gasto energético do SenseWear não depende da contagem de passos. O dispositivo combina os sinais de 4 tipos de sensores: temperatura da pele, fluxo de calor corporal, resistência galvânica da pele, e um acelerômetro biaxial. Assim, independentemente do número de passos detectado ou da contribuição isolada

do acelerômetro biaxial, a estimativa de gasto energético é melhorada pela importante contribuição dos sensores fisiológicos adicionais.<sup>9</sup> Esta é uma característica peculiar e importante do SenseWear comparado com dispositivos tipicamente baseados apenas em acelerometria, porque já fora sugerido que os acelerômetros são mais acurados para a quantificação e diferenciação dos movimentos corporais do que para estimativa de gasto energético<sup>26</sup> (em contraste com o multisensor SenseWear).

O multisensor foi capaz de estimar o gasto energético adequadamente nas 3 velocidades de caminhada no grupo de idosos saudáveis, bem como as velocidades correspondentes a 60% e 100% da velocidade do TC6 em pacientes com DPOC, além do gasto energético total do protocolo, em ambas as populações. Por outro lado, os resultados dos gráficos de *Bland & Altman* (ver figuras 1B e 2B) demonstraram correlação entre altas taxas metabólicas e a subestimação do gasto energético total não só para o pedômetro mas também para o multisensor, corroborando com resultados anteriores de Patel et al.<sup>9</sup> A subestimação do gasto energético em altas taxas metabólicas no grupo DPOC pode ser, pelo menos, parcialmente atribuída ao fato de que o aumento do gasto energético nestes pacientes está ligada a um alto trabalho ventilatório, que não é refletido nem pela acelerometria nem pela contagem de passos. Além disso, tanto para os pacientes com DPOC quanto para idosos, a subestimação do gasto energético pode estar relacionada ao uso de equações genéricas para a predição do gasto energético, pois literatura prévia afirma que equações de predição específicas para a população aumentam a acurácia da estimativa.<sup>27,28</sup>

### *Comparação entre pedômetro e multisensor*

Para a contagem de passos em velocidades lentas, os sensores de movimento foram semelhantes no sentido de que nenhum deles apresentou estimativas adequadas e, por isso, são igualmente inaccurados em indivíduos que caminham lentamente. Na velocidade mais alta, no entanto, o pedômetro demonstrou ser mais sensível que o multisensor. Isto indica que a utilização da contagem de passos do SenseWear é um recurso muito limitado, mesmo em velocidades de caminhada mais altas, possivelmente porque o aparelho é usado no braço e não na cintura ou no tornozelo, como discutido anteriormente. Por outro lado, para a estimativa do gasto energético, o multisensor foi claramente superior ao pedômetro em velocidades lentas de caminhada, possivelmente devido à contribuição dos sensores fisiológicos adicionalmente ao acelerômetro biaxial.

### *Limitações e Perspectivas Futuras*

No presente protocolo, cada velocidade da esteira foi mantida por 1 minuto, e pode-se corretamente questionar que é preciso mais de 1 minuto quando mudada a intensidade do exercício para atingir o estado estável (*steady-state*). No entanto, o presente protocolo não objetivou alcançar o estado estável para cada velocidade. O objetivo foi simplesmente permitir a comparação das estimativas do gasto energético, entre os aparelhos, nos mesmos pontos no tempo, em indivíduos caminhando em velocidades diferentes, sem necessariamente chegar estado de equilíbrio do consumo de oxigênio nessas velocidades.

As conclusões do estudo só podem ser generalizadas para indivíduos com IMC inferior a  $30\text{kg.m}^{-2}$ . O SenseWear Armband tem demonstrado uma acurácia limitada para a medição de gasto energético em pessoas obesas.<sup>12</sup> Além disso, o pedômetro pode não ter o posicionamento ideal em indivíduos com um grande volume abdominal, pois pode ficar em uma posição diferente do que o alinhamento vertical sugerido para o seu uso.<sup>24</sup> Por estas razões, os indivíduos com IMC elevado não foram incluídos neste estudo. Estudos futuros devem investigar se as conclusões deste estudo também se aplicam a pacientes obesos, uma população-alvo importante para as intervenções de atividade física.

No presente estudo, a acurácia dos sensores de movimento foi analisada em um protocolo de laboratório e, portanto, não houve uma avaliação nas condições livres da vida diária. Isto sugere algum cuidado ao generalizar os resultados do presente estudo porque dados prévios da literatura têm mostrado que caminhar no solo pode induzir maior gasto energético do que caminhar em esteira.<sup>29,30</sup> Para o avanço deste campo de estudo, investigações futuras devem considerar condições não laboratoriais ou, pelo menos, simular atividades diárias em ambiente de laboratório. Estas atividades podem incluir tarefas diárias que envolvam membros superiores e inferiores, assim como andar com freqüentes mudanças e interrupções de direção.



## CONCLUSÕES

Pode-se inferir que, tanto em pacientes com DPOC quanto em idosos saudáveis, o multisensor SenseWear Armband apresentou melhor estimativa do gasto energético durante a maioria das velocidades de caminhada em comparação com o pedômetro Digiwalker SW701. Por outro lado, para a determinação do número de passos, foi observado acurácia somente utilizando o pedômetro durante a mais alta velocidade do protocolo para ambos os grupos. Esforços tecnológicos neste campo de pesquisa devem se concentrar em tornar os dispositivos mais sensíveis durante velocidades lentas de caminhada.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a colaboração dos acadêmicos de Fisioterapia Renato Vitorasso e Mônica M. Guimarães e das fisioterapeutas Thaís J. P. Sant'Anna e Andréa D. Fontana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Steele BG, Belza B, Cain K, Warms C, Coppersmith J, Howard J. Bodies in motion: monitoring daily activity and exercise with motion sensors in people with chronic pulmonary disease. *J Rehabil Res Dev* 2003;40:45-58.
2. Le Masurier GC, Lee SM, Tudor-Locke C. Motion sensor accuracy under controlled and free-living conditions. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:905-10.
3. Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, 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;176:532-55.
4. 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;171:972-7.
5. Pitta F, Troosters T, Probst VS, Spruit MA, Decramer M, Gosselink R. Physical activity and hospitalization for exacerbation of COPD. *Chest* 2006;129:536-44.
6. Yohannes AM, Baldwin RC, Connolly M. Mortality predictors in disabling chronic obstructive pulmonary disease in old age. *Age Ageing* 2002;31:137-40.
7. Garcia-Aymerich J, Lange P, Benet M, Schnohr P, Antó JM. Regular physical activity reduces hospital admission and mortality in chronic obstructive pulmonary disease: a population based cohort study. *Thorax* 2006;6:772-8.
8. 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;32:301-8.

9. Patel SA, Benzo RP, Slivka WA, Scirba FC. Activity monitoring and energy expenditure in COPD patients: a validation study. *COPD* 2007;4:107-12.
10. Fruin ML, Rankin JW. Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1063-9.
11. Wahrlich V, Anjos LA, Going SB, Lohman TG. Validation of the VO2000 calorimeter for measuring resting metabolic rate. *Clin Nutr* 2006;25:687-92.
12. Papazoglou D, Augello G, Tagliaferri M, et al. Evaluation of a multisensor armband in estimating energy expenditure in obese individuals. *Obesity* 2006;14:2217-23.
13. Jakicic JM, Marcus M, Gallagher KI, et al. Evaluation of the SenseWear Pro Armband™ to assess energy expenditure during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:897-904.
14. Pitta F, Troosters T, Probst VS, Spruit MA, Decramer M, Gosselink R. Quantifying physical activity in daily life with questionnaires and motion sensors in COPD. *Eur Respir J* 2006;27:1040-55.
15. Schneider PL, Crouter SE, Basset DR. Pedometers measures of free-living physical activity: comparison of 13 models. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:331-5.
16. Melanson EL, Knoll JR, Bell ML, et al. Commercially available pedometers: considerations for accurate step counting. *Prev Med* 2004;39:361-8.
17. King GA, Torres N, Potter TJ, Coleman KJ. Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1244-51.
18. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005;26:319-38.

19. Knudson RJ, Slatin RC, Lebowitz MD, Burrows B. The maximal expiratory flow-volume curve: normal standards, variability, and effects of age. *Am Rev Respir Dis* 1976;113:587-600.
20. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111-7.
21. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J* 1999;14:270-4.
22. Basset DR, Ainsworth BE, Leggett SR, et al. Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1071-7.
23. Crouter SE, Schneider PL, Karabulut M, Basset DR. Validity of ten electronic pedometers for measuring steps, distance and energy cost. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1455-60.
24. Schneider PL, Crouter SE, Lukajic O, Basset DR. Accuracy and reliability of ten pedometers for measuring steps over a 400-m walk. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1779-84.
25. Tudor-Locke C, Ainsworth BE, Thompson RW, Matthews CE. Comparison of pedometers and accelerometers measures of freelifing physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:2045-51.
26. Leenders NY, Nelson TE, Sherman WM. Ability of different physical activity monitors to detect movement during treadmill walking. *Int J Sports Med* 2003;24:43-50.
27. Cole PJ, LeMura LM, Klinger TA, Strohecker K, McConnell TR. Measuring energy expenditure in cardiac patients using the Body Media Armband versus

indirect calorimetry: a validation study. *J Sports Med Phys Fitness* 2004;44:262-71.28.

28. Levine J, Melanson EL, Westerterp KR, Hill JO. Tracmor system for measuring walking energy expenditure. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57:1176-80.

29. Pearce ME, Cunningham DA, Donner AP, Rechnitzer PA, Fullerton GM, Howard JH. Energy cost of treadmill and floor walking at selfselected paces. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983;52:115-9.

30. Heus R, Wertheim AH, Havenith G. Human energy expenditure when walking on a moving platform. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998;77:388-94.

### **Supplementos**

a. Yamax, 1-5-7, Chuo-cho, Meguro-ku, Tokyo 152-8691 Japan.

b. BodyMedia, 4 Smithfield St, 11th Fl, Pittsburgh, PA 15222.

c. Imbramed Millennium, Rua 7 de abril 266, Porto Alegre, RS 90220130, Brazil.

d. Sony, United States of America ([www.sony.com](http://www.sony.com)).

e. Cosmed, Via dei Piani di Mt Savello, 37, Pavona di Albano, Rome, I-00047 Italy.

f. Medical Graphics Corp, 350 Oak Grove Pkwy, St Paul, MN 55127.

g. GraphPad Software Inc, 2236 Avenida de la Playa, La Jolla, CA 92037.

h. MTI Health Services, 709 Anchors St, Fort Walton Beach, FL 32548.

**Tabela 1:** Caracterização da amostra de 30 idosos portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) e 30 idosos saudáveis.

	Pacientes com DPOC	Idosos Saudáveis
H / M	17/13	15/15
Idade, anos	67 ± 8	68 ± 7
Peso, kg	63 ± 12	64 ± 11
Altura, m	1,62 ± 0.07	1,59 ± 0.08
IMC, kg/m <sup>2</sup>	24 ± 4	25 ± 3
VEF <sub>1</sub> , % predito	46 ± 17 *	104 ± 21
CVF, % predito	67 ± 19 *	103 ± 18
VEF <sub>1</sub> /CVF	52 ± 12 *	80 ± 5
GOLD ( I/II/III/IV)	1 /12 /10 /7	-
Velocidade 1, Km/h	1,4 ± 0.3*	1,6 ± 0.2
Velocidade 2, Km/h	2,9 ± 0.5*	3,3 ± 0.5
Velocidade 3, Km/h	4,8 ± 0.8*	5,4 ± 0.7

H = homens; M = mulheres; IMC = índice de massa corpórea; VEF<sub>1</sub> = volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF = capacidade vital forçada; Velocidade 1, 2 e 3 = velocidade baseada em 30%, 60% e 100% da velocidade média atingida no teste da caminhada de 6 minutos (TC6min); GOLD = Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. \* p<0,05 versus idosos saudáveis.

**Tabelas 2 e 3:** Média e desvio padrão de A) número de passos e B) gasto energético (em Kcal) registrados por cada método no grupo de pacientes portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) nas velocidades 1, 2 e 3 (30, 60 e 100% da velocidade média atingida no TC6min, respectivamente).

2)

Passos	Velocidade 1 1,4±0,3 km/h	Velocidade 2 2,9±0,5 km/h	Velocidade 3 4,8±0,8 km/h	Soma das velocidades
Pedômetro	26 ± 26 *	73 ± 35 *	124 ± 31	224±83 *
Digiwalker				
Multi-sensor	19 ± 20 *	59 ± 31 *	91 ± 38 * #	166±73 * #
SenseWear				
Vídeo	79 ± 17	105 ± 20	139 ± 25	324±57

3)

Kcal	Velocidade 1 1,4±0,3 km/h	Velocidade 2 2,9±0,5 km/h	Velocidade 3 4,8±0,8 km/h	Soma das velocidades
Pedômetro	0,8 ± 0,9 *	2,6 ± 1,9 *	5,4 ± 2,5	8,7 ± 4,9 *
Digiwalker				
Multi-sensor	3,2 ± 1,7 * #	3,9 ± 1,9	5 ± 2,5	12,1±5,7
SenseWear				
Calorimetria indireta	4,6 ± 3,2	5,3 ± 3,3	6,2 ± 3,6	16 ± 9,8

\* p<0,05 versus vídeo (figura 2A) e versus calorimetria indireta (figura 2B)

# p<0,05 versus DigiWalker Yamax 701

**Tabelas 4 e 5:** Média e desvio padrão de A) número de passos e B) gasto energético (em Kcal) registrados por cada método no grupo de idosos saudáveis nas velocidades 1, 2 e 3 (30, 60 e 100% da velocidade média atingida no TC6min, respectivamente).

4)

Passos	Velocidade 1 1,6±0,2 km/h	Velocidade 2 3,3±0,5 km/h	Velocidade 3 5,4±0,7 km/h	Soma das velocidades
Pedômetro Digiwalker	36 ± 27 *	85 ± 27 *	139 ± 24	260±67 *
Multi-sensor SenseWear	35 ± 22 *	82 ± 29 *	119 ± 28 *#	238±55 *
Vídeo	85 ± 14	114 ± 14	148 ± 17	348±40

5)

Kcal	Velocidade 1 1,6±0,2 km/h	Velocidade 2 3,3±0,5 km/h	Velocidade 3 5,4±0,7 km/h	Soma das velocidades
Pedômetro Digiwalker	1 ± 1 *	3 ± 1,5 *	6,3 ± 2,1	10,4±4,2 *
Multi-sensor SenseWear	3,4 ± 1,4 #	4,9 ± 1,8 #	6 ± 2,3	14,3±4,9 #
Calorimetria indireta	4 ± 3,1	5 ± 2,8	6,3 ± 2,8	15,3±8,4

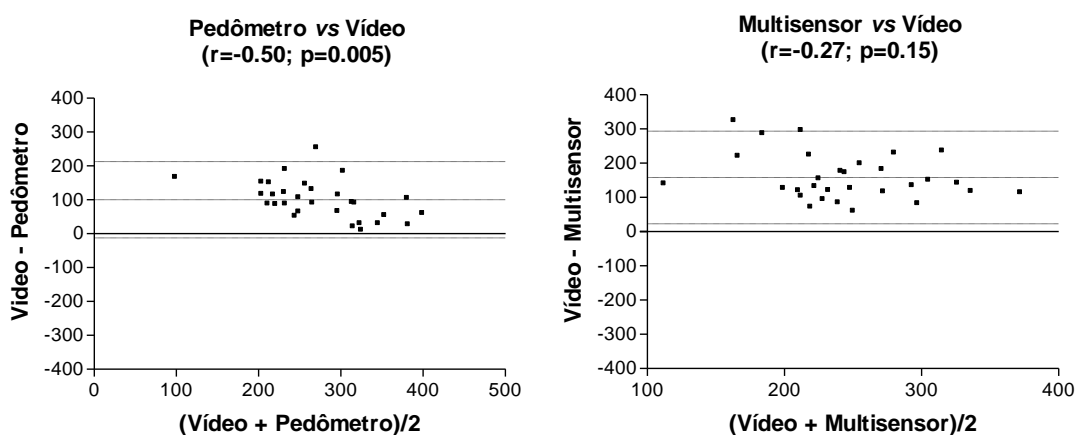
\* p<0,05 versus vídeo (figura 3A) e versus calorimetria indireta (figura 3B)

# p<0,05 versus DigiWalker Yamax 701

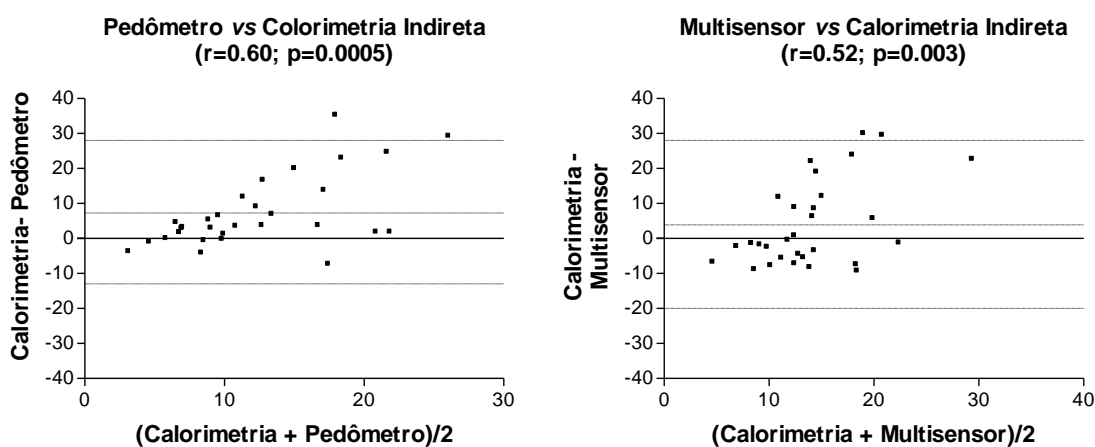


**Figura 1:** Análise de *Bland & Altman* comparando os resultados de **A)** número de passos e **B)** gasto energético (Kcal) registrado pelo pedômetro e pelo multisensor versus métodos padrão (vídeo e calorimetria indireta) **em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica** durante o protocolo como um todo (soma de todas as velocidades). Em cada figura, a linha pontilhada central corresponde à diferença entre os métodos respectivos enquanto as linhas pontilhadas superior e inferior correspondem aos limites de concordância superior e inferior, respectivamente.

### 1A) Número de passos

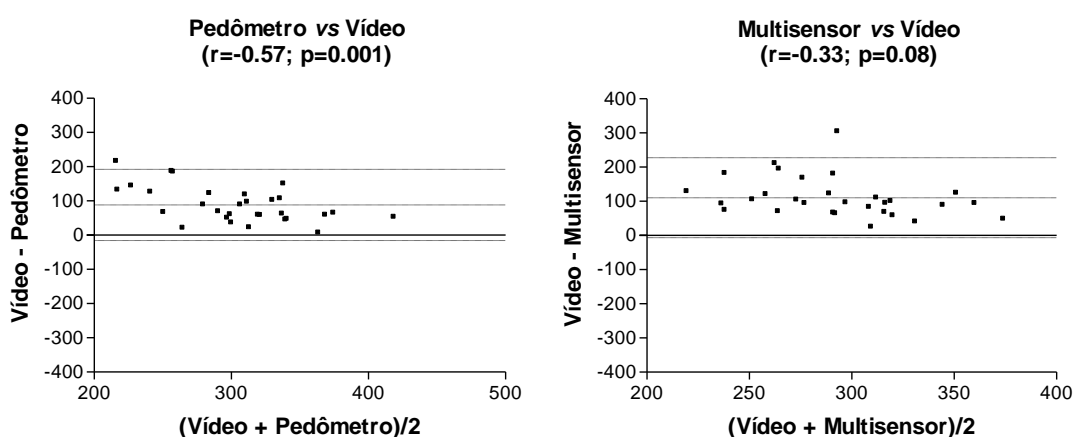


### 1B) Gasto Energético (kcal)

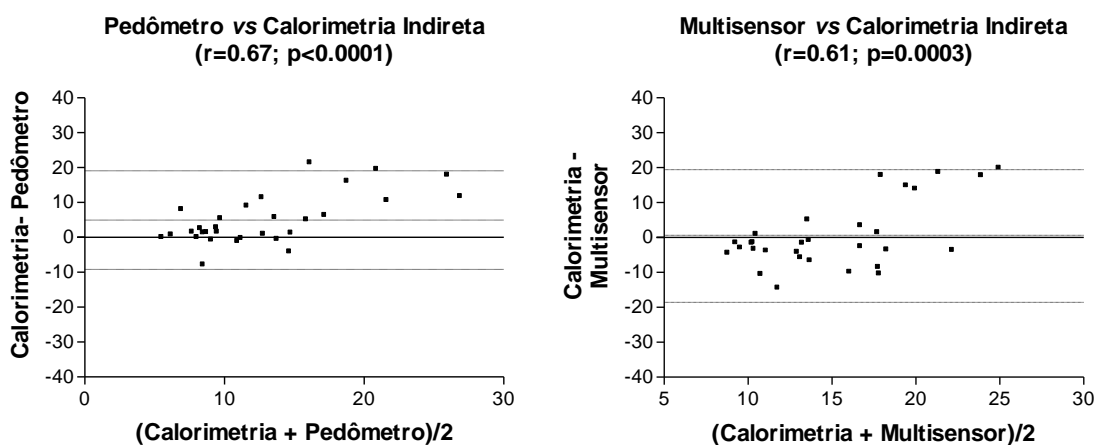


**Figure 2:** Análise de *Bland & Altman* comparando os resultados de **A)** número de passos e **B)** gasto energético (Kcal) registrado pelo pedômetro e pelo multisensor versus métodos padrão (vídeo e calorimetria indireta) **em Idosos saudáveis** durante o protocolo como um todo (soma de todas as velocidades). Em cada figura, a linha pontilhada central corresponde à diferença entre os métodos respectivos enquanto as linhas pontilhadas superior e inferior correspondem aos limites de concordância superior e inferior, respectivamente.

### 2A) Número de passos



### 2B) Gasto Energético (kcal)



## Artigo 2

### **Gasto energético durante as atividades diárias medido por dois sensores de movimento em pacientes com DPOC**

### **Energy expenditure during daily activities as measured by two motion sensors in COPD**

Vinícius Cavalheri<sup>1;2</sup>; Leila Donária<sup>1</sup>; Thiemi Ferreira<sup>1</sup>; Matheus Finatti<sup>1</sup>; Carlos Augusto Camillo<sup>1;2</sup>; Ercy Mara Cipulo Ramos<sup>2</sup>; Fábio Pitta<sup>1;2\*</sup>.

1.Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Pulmonar (LFIP), Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Rua Robert Koch, 60, Vila Operária, 86038-440 Londrina, Paraná, Brazil

2.Programa de Mestrado em Fisioterapia, Departamento de Fisioterapia, UNESP - Univ Estadual Paulista, Rua Roberto Simonsen, 305, 19060-900 Presidente Prudente, São Paulo, Brazil

VC and CAM receberam bolsa da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), Brasil. FP é financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), Brasil.

#### **\*Autor para correspondência:**

Dr. Fabio Pitta

Departamento de Fisioterapia – CCS, Hospital Universitário de Londrina  
Rua Robert Koch, 60 – Vila Operaria, 86038-350 – Londrina, Paraná, Brazil.  
Phone.: +55 43 3371 2288; Fax: +55 43 3371 2459.

E-mail: [fabiopitta@uol.com.br](mailto:fabiopitta@uol.com.br)

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar qual das atividades cotidianas são mais desgastantes para pacientes com DPOC e comparar a acurácia da estimativa do gasto energético (GE) do pedômetro Digiwalker SW701 (DW) com a do multisensor SenseWear Armband (SAB).

Trinta e seis pacientes com DPOC (20 homens,  $VEF_1$   $48 \pm 15\%$  do previsto, IMC de  $25,7 \pm 8 \text{kg/m}^2$ ) foram submetidos a cinco atividades realizadas durante um minuto cada: caminhada, caminhada carregando uma mochila, levantar e sentar em cadeira, subir e descer degraus e mover caixa em prateleiras. Durante o protocolo os indivíduos usavam ambos os dispositivos, e a calorimetria indireta (CI) foi realizada simultaneamente como método de referência para avaliar o GE.

A atividade diária mais desgastante foi subir e descer degraus ( $4,9 \pm 1,7 \text{Kcal}$  *versus*  $3,7 \pm 1,4$  à  $4,2 \pm 1,8 \text{Kcal}$  para as outras atividades,  $p < 0,05$ ). A estimativa do GE do SAB não apresentou diferença com relação a CI para a soma das cinco atividades (SAB =  $22,7 \pm 7 \text{Kcal}$  *versus* CI =  $21 \pm 8 \text{Kcal}$ ;  $p > 0,05$ ), embora foi encontrado uma superestimação nas atividades que envolveram caminhada. O pedômetro subestimou significativamente o GE para a soma das atividades ( $9,6 \pm 4,3 \text{Kcal}$ ,  $p < 0,05$  *versus* IC) e para cada atividade. Subir e descer degraus é a atividade diária que mais demandou energia para pacientes com DPOC. Além disso, durante as atividades diárias, o multisensor apresentou estimativa global do GE adequada, contrariamente ao pedômetro.

**Palavras-chave:** Atividades de vida diária, doença pulmonar, obstrutiva crônica, metabolismo energético

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine which daily activities are more demanding to patients with COPD and to compare the accuracy of energy expenditure (EE) estimation given by the pedometer Digiwalker SW701 (DW) and the multisensor SenseWear Armband (SAB).

Thirty-six patients with COPD (20 men; FEV<sub>1</sub> 48±15%predicted; BMI 25.7±8kg/m<sup>2</sup>) were submitted to five activities performed for one minute each: walking, walking carrying a backpack, walking up/downstairs, rising/sitting in chairs and moving objects in/out of a shelf. During the protocol subjects wore both devices, and indirect calorimetry (IC) was simultaneously performed as the EE criterion method to assess EE.

The most demanding daily activity was walking up/downstairs (4.9±1.7Kcal *versus* 3.7±1.4 to 4.2±1.8Kcal for the other tasks; p<0.05). EE estimation by the SAB did not show difference in comparison to IC for the sum of the five activities (SAB=22.7±7Kcal *versus* IC=21±8Kcal; p>0.05), although overestimation was found in activities involving walking. DW showed significant EE underestimation in the sum of the activities (9.6±4.3Kcal; p<0.05 *versus* IC) and for each activity.

Walking up/downstairs is the most energy-demanding daily activity for patients with COPD. Furthermore, during daily activities, the multisensor showed adequate overall estimation of EE, as opposed to the pedometer.

**Keywords:** Activities of daily living, chronic obstructive, energy metabolism, pulmonary disease.

## INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais importantes a respeito das limitações impostas pela doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é a limitação dos pacientes para realizar suas atividades diárias [1]. Esta limitação funcional, que inclui a inatividade física no dia-a-dia [2] e alto gasto energético (GE) para atividades simples [3], tem um papel importante na morbi-mortalidade desta população [4, 5]. No entanto, ainda há poucas informações sobre o tipo de atividade diária que demanda mais energia para os pacientes com DPOC.

Mensuração detalhada e objetiva das atividades físicas na vida diária é agora considerada um desfecho essencial para a avaliação global dos pacientes com DPOC, e o GE e a contagem de número de passos (NP) são métodos comuns para avaliar este desfecho. Para a avaliação de GE, a literatura geralmente recomenda o método da água duplamente marcada ou calorimetria indireta [6-8]. Para NP, a observação direta e a vídeo-filmagem foram considerados como métodos de referência [9]. Entretanto, estas técnicas não são facilmente disponíveis por causa de sua complexidade metodológica, praticabilidade limitada, e/ou alto custo. Em vez delas, uma variedade de sensores de movimento têm sido utilizados recentemente. "Contadores de passo" simples ou pedômetros (por exemplo, DigiWalker SW701, ou DW) e multisensores avançados (por exemplo, o SenseWear Armband ou SAB) estão entre os sensores de movimento mais utilizados. Apesar de suas diferenças tecnológicas, ambos quantificam passos e estimam o GE total, fornecendo informações de condições de vida livre e não apenas informações provenientes de avaliações intra-laboratório.

O multisensor SAB foi validado para avaliar caminhada em pacientes com DPOC [10] e dois estudos recentes confirmaram que o SAB é útil para estimar o GE andar de pacientes com DPOC [11, 12]. Além disso, Furlanetto et al.[11] mostraram que, em pacientes com DPOC, o pedômetro DW foi acurado para estimar o GE e NP apenas em caminhadas rápidas ( $4,8 \pm 0,8$  km/h) durante um protocolo de esteira. No entanto, não existem estudos comparando o SAB e o DW durante reais atividades cotidianas em pacientes com DPOC.

Portanto, os objetivos deste estudo foram: (1) determinar quais as atividades diárias demandam mais energia dos pacientes com DPOC, e (2) comparar a acurácia da estimativa do GE e NP do SAB e do DW durante a realização de diferentes atividades cotidianas.

## **MATERIAS E MÉTODOS**

### *Delineamento do Estudo e indivíduos*

Neste estudo transversal, observacional, 36 indivíduos (20 homens), com DPOC (relação entre o volume expiratório forçado no 1 segundo ( $VEF_1$ ) e a capacidade vital forçada, pós-broncodilatador  $<0,7$ )[1], clinicamente estáveis, foram recrutados no ambulatório de Fisioterapia Respiratória do Hospital Universitário de Londrina (Brasil). Nenhum paciente era usuário de oxigênio de longo prazo. Os indivíduos foram excluídos se apresentassem comorbidades que comprometessem a sua mobilidade (por exemplo, problemas músculo-esqueléticos) ou se tivessem problemas com a adaptação aos aparelhos utilizados para a avaliação. O estudo foi aprovado pelo Comitê de

Ética e Pesquisa da instituição e todos os sujeitos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

### *Protocolo*

Todos os pacientes foram submetidos a uma avaliação inicial da função pulmonar (espirometria e pressões inspiratória e expiratória máximas [PI<sub>max</sub> e PE<sub>max</sub>, respectivamente]), capacidade funcional de exercício (teste da caminhada de 6 minutos [TC6]) e sensação de dispnéia (escala modificada do Medical Research Council [MRC]) como medidas de triagem, ou as medidas mais recentes foram extraídas dos prontuários hospitalares (tempo menor que 6 meses). Todos os pacientes foram classificados quanto a dois índices: BODE [13] (massa corporal, obstrução, dispnéia e capacidade de exercício) e o ADO [14] (dispneia, idade e obstrução).

No segundo dia, os participantes foram instruídos a caminhar 10 passos em linha reta, como na sua caminhada diária, para a determinação de tamanho do passo. A distância total foi medida e dividida por 10. Posteriormente, os pacientes foram submetidos a uma versão modificada do Glittre ADL-test [15] (figura 1), que incluiu cinco atividades realizadas durante um minuto cada: caminhada, caminha carregando uma mochila nas costas (5 kg para homens e 2,5 kg para mulheres), levantar de uma cadeira e sentar-se em outra cadeira posicionada a 1 metro de distância, subir e descer degraus (escada com 9 degraus, cada um com 15 centímetros de altura e 30cm de profundidade) e mover um objeto de 1kg em prateleiras (ele foi transferido da prateleira de cima [posicionada na altura do ombro] para a prateleira de baixo [posicionada na altura da cintura], para o chão, de volta à prateleira de baixo,



para a prateleira de cima novamente e assim por diante). As atividades foram realizadas em ordem aleatória, e o tempo entre as atividades foi determinado pelo retorno da frequência cardíaca (FC) e do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) aos valores de repouso. Durante o protocolo os indivíduos usavam ambos os monitores (DW e SAB) concomitantemente, e a calorimetria indireta ( $VO_{2000}$  Aerograph, AeroSport) foi realizado simultaneamente como método critério para a avaliação do GE. O equipamento de calorimetria indireta foi calibrado antes de cada avaliação de acordo com as instruções do fabricante. O GE (em quilocalorias para padronização de unidades) foi obtido a partir de avaliação do  $VO_2$  ( $mL.Kg^{-1}.min^{-1}$ ). O início exato e final de cada atividade foi sincronizado em todos os dispositivos pois havia pelo menos 3 pesquisadores em cada avaliação. Concomitantemente, o protocolo foi filmado por uma câmera digital (Sony CyberShot DSC-W120) como método critério para NP. O GE e o NP estimado pelos dois sensores de movimento foram comparados com os métodos referência (calorimetria indireta e vídeo-filmagem, respectivamente). A escala de Borg (0-10) para a dispnéia e fadiga foi aplicada no início do protocolo e ao final de cada atividade. A saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ) e a FC foram medidos no início e no final de cada tarefa.

#### *Avaliação da Função Pulmonar e TC6*

A espirometria (Pony, Cosmed, Itália) e o TC6 foram realizados de acordo com as normas internacionais [16][17]. Os valores de referência foram os de Pereira et al. [18] e Troosters et al. [19], respectivamente. Para o TC6, dois testes foram realizados com cada indivíduo, e a maior distância percorrida foi utilizada. A P<sub>I</sub>max e a P<sub>E</sub>max foram realizadas com um manovacuômetro

analógico (Makil, Brasil), de acordo com a técnica descrita por Black e Hyatt [20] e utilizando os valores de referência brasileiros [21].

#### *Multisensor SenseWear Armband (SAB)*

O SAB (BodyMedia, EUA) é um leve (82g) e pequeno monitor (8,8 x 5,6 x 2,1 centímetros) que é utilizado na sobre a massa do musculo tríceps braquial do braço direito. Informações sobre vários parâmetros, incluindo acelerometria, múltiplos sensores fisiológicos, número de passos e características demográficas como sexo, idade, peso e altura são utilizados para estimar o GE por meio de algoritmos do fabricante. Um relatório final é obtido pela análise dos dados por um software específico (SenseWear Professional 6.1).

#### *Pedômetro Digiwalker SW701 (DW)*

O DW (Yamax, Japão) é um dispositivo simples e relativamente barato, usado preso à cintura, que fornece o número de passos dados, a distância, e a estimativa do GE durante um determinado período. Para isso, o dispositivo exige algumas características do indivíduo, tais como peso e comprimento do passo. Seu mecanismo consiste em um sistema interno de molas alavancadas que é sensível aos movimentos verticais do quadril. Esta mola é conectada a um circuito elétrico que detecta cada deflexão como um passo.

### *Analizador de gases portátil*

O sistema metabólico portátil VO<sub>2000</sub> é um transdutor previamente testado e validado [7] para análise de trocas gasosas pulmonares, projetado para operar conectado a um computador. Os dados de campo podem ser obtidos por seu componente de telemetria. O sistema fornece estimativa do GE por calorimetria indireta executando contínua análise dos gases ventilatórios.

### *Análise Estatística*

As análises foram realizadas utilizando GraphPad Prism 3 (GraphPad Software, Inc., EUA). A normalidade na distribuição dos dados foi verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Como as variáveis apresentaram distribuição normal, estatística paramétrica foi utilizada e os resultados foram expressos como média  $\pm$  DP. O teste ANOVA para medidas repetidas, seguido do pós teste de Newman-Keuls foram utilizados para comparar o GE indicado pela calorimetria indireta nas 5 atividades. Para cada atividade e para a soma de todas as atividades realizadas, ANOVA + Newman-Keuls também foram utilizados para comparar o GE indicado pela calorimetria indireta, pelo SAB e pelo DW, assim como o NP determinado pela contagem da vídeo-filmagem, estimado pelo SAB e pelo DW. As correlações entre as variáveis das atividades e as características dos pacientes foram verificadas pelo coeficiente de correlação de Pearson. Além disso, a concordância entre as medidas foi estudada pelo método gráfico de Bland e Altman [22]. Um valor de  $p$  menor que 0,05 foi considerado estatisticamente significativo.

### *Cálculo do tamanho da amostra*

Os valores do GE durante o TC6 reportados por Patel et al.[10] em pacientes com DPOC foram utilizados para o cálculo amostral. Assumindo um desvio padrão de  $\pm 4,7$  Kcal, um total de 36 pacientes foi necessário para detectar uma diferença de 4,6 kcal entre os métodos, para alcançar um poder de 80% adotando uma significância de 0,05.

## **RESULTADOS**

Trinta e oito indivíduos foram incluídos no estudo, no entanto, dois não puderam terminar o protocolo. Um não voltou no segundo dia de testes devido a uma exacerbação aguda e o outro apresentou problemas na adaptação com o bocal necessário para a análise de gases. As características dos 36 pacientes com DPOC que consentiram em participar e terminaram o protocolo estão resumidos na tabela 1.

**Tabela 1** Características da população (n=36, 20 homens)

<b>Variável</b>	<b>Média ± DP</b>
Idade (anos)	67 ± 9
Altura (m)	1,62 ± 0,09
Peso (Kg)	67 ± 16
IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	25,7 ± 7,8
VEF <sub>1</sub> (litros)	1,18 ± 0,45
VEF <sub>1</sub> (% do previsto)	48 ± 15
BODE	3,1 ± 1,9
ADO	4,4 ± 1,7
MRC	3,1 ± 1,0
PI <sub>max</sub> (%do previsto)	71 ± 25
PE <sub>max</sub> (%do previsto)	110 ± 34
TC6 (m)	455 ± 77
TC6 (% previsto)	77 ± 15

IMC = índice de massa corporal, VEF<sub>1</sub> = volume expiratório forçado no primeiro segundo; BODE = índice de massa corporal, obstrução, dispnéia e capacidade de exercício; ADO = índice da idade, dispnéia e obstrução; MRC = Escala do Medical research council; PI<sub>max</sub> = pressão inspiratória máxima ; PE<sub>max</sub> = pressão expiratória máxima; TC6 = teste de caminhada de 6 minutos.

### **Comparação entre as atividades cotidianas**

Subir e descer degraus foi a atividade na qual os pacientes com DPOC apresentaram o maior GE como demonstrado pela calorimetria indireta (4,9 ± 1,7 Kcal *versus* 4,2 ± 1,7 Kcal [caminhada], 4,2 ± 1,8 Kcal [caminhada carregando mochila], 4,1 ± 1,7 Kcal [levantar e sentar em cadeiras] e 3,7 ± 1,4 Kcal [mover caixa em prateleiras]; p<0,05 para todos). Mover caixa em

prateleiras foi a atividade em que os pacientes apresentaram menor GE ( $p < 0,05$  em comparação com todas as outras). Não houve diferença de GE entre caminhada, caminhada carregando mochila e levantar e sentar em cadeiras ( $p > 0,05$ ). Além disso, a tabela 2 mostra que subir e descer degraus foi a atividade que promoveu o maior aumento da FC ( $p < 0,05$  versus todas as outras) e os maiores valores de sensação de dispnéia e fadiga ( $p < 0,05$  versus todas as outras). Não houve diferença quanto às variações da  $SpO_2$  entre as atividades ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 2** Comparação das mudanças na saturação periférica de oxigênio e frequência cardíaca durante as 5 atividades e a escala de BORG (dispnéia e fadiga) no final das atividades.

	$\Delta SpO_2$	$\Delta FC$ (bpm)	BORG <sub>d</sub>	BORG <sub>ff</sub>
Caminhada	$-2,4 \pm 3,3$	$11,9 \pm 7,1^{*\dagger}$	$2,3 \pm 2,1\ddagger$	$2,7 \pm 2,3^{**}$
Caminhada com Mochila	$-3,4 \pm 3,6$	$13,8 \pm 8,4^{*\dagger}$	$2,6 \pm 2,1$	$2,7 \pm 2,2^{**}$
Levantar e sentar em cadeiras	$-3,3 \pm 4,6$	$17,6 \pm 11,4^*$	$2,6 \pm 2,3\ddagger$	$2,6 \pm 2,4^{**}$
Subir/descer degraus	$-3,7 \pm 3,9$	$24,3 \pm 13,8$	$3,9 \pm 2,7$	$3,3 \pm 2,6$
Mover caixa em prateleiras	$-2,4 \pm 2,4$	$14,1 \pm 10,6^{*\dagger}$	$2,7 \pm 2,4$	$2,4 \pm 2,6^{**}$

$\Delta SpO_2$  (diferença entre a saturação periférica de oxigênio final e inicial);  $\Delta FC$  (diferença entre a frequência cardíaca final e inicial); BORG<sub>d</sub> (sensação de dispnéia no fim da atividade); BORG<sub>ff</sub> (sensação de fadiga no fim da atividade)

NOTA: Valores estão expressos como Média  $\pm$  DP.

\* $p < 0,05$  vs.  $\Delta FC$  para subir/descer degraus

$\dagger p < 0,05$  vs.  $\Delta FC$  para Levantar e sentar em cadeira

$\ddagger p < 0,05$  vs. BORG<sub>d</sub> para subir/descer degraus

\*\* $p < 0,05$  vs. BORG<sub>ff</sub> para subir/descer degraus

## Desempenho

O desempenho dos pacientes nas atividades diárias foi: caminhada ( $48 \pm 9$ m), caminhada carregando uma mochila ( $47 \pm 9$ m), levantar e sentar em cadeiras ( $13 \pm 3$  sentadas/levantadas), subir e descer degraus ( $63 \pm 18$  degraus) e mover caixa em prateleiras ( $14 \pm 3$  movimentos). A média de velocidade atingida durante a caminhada e caminhada carregando uma mochila foi  $2,90 \pm 0,6$  e  $2,84 \pm 0,6$  km/h, respectivamente ( $p > 0,05$ ).

Houve forte correlação entre os desempenhos nas diferentes atividades cotidianas, como mostrado na tabela 3 ( $0,62 < r < 0,95$ ,  $p < 0,0001$ ).

**Tabela 3** Correlações (valores de  $r$ ) entre os desempenhos dos pacientes nas 5 atividades cotidianas.

	A	B	C	D	E
A - Caminhada	-	0,95	0,73	0,89	0,70
B - Caminhada com mochila	-	-	0,69	0,89	0,62
C - Levantar e sentar em cadeiras	-	-	-	0,67	0,65
D - Subir/descer degraus	-	-	-	-	0,70
E - Mover caixa em prateleiras	-	-	-	-	-

$p < 0,0001$  para todos os valores de  $r$ .

## Correlações entre as características dos pacientes e o GE

Altura e peso corporal correlacionaram com a soma do GE durante todas as atividades ( $r = 0,41$  e  $r = 0,39$ ; respectivamente,  $p < 0,02$  para ambos).

Não houve correlação entre a soma do GE durante todas as atividades e idade, IMC, VEF<sub>1</sub>, PImax, PEmax, BODE, ADO, MRC e TC6.

### Comparação da estimativa de gasto energético entre os métodos

A Tabela 4 mostra a comparação do GE indicado pela calorimetria indireta e estimado pelo DW e SAB.

**Tabela 4** Comparação do gasto energético (Kcal) registrado pelos três métodos, para cada atividade, e durante o protocolo na completo (soma de todas as atividades)

Gasto Energético (Kcal)	Pedômetro	SAB	CI
Caminhada	3,4 ± 1,5*	5,5 ± 2,2*	4,2 ± 1,7
Caminhada com Mochila	3,3 ± 1,6*	5,1 ± 1,9 *	4,2 ± 1,8
Levantar e sentar em cadeiras	0,8 ± 0,6*	3,9 ± 1,1	4,1 ± 1,7
Subir/descer degraus	2,2 ± 1,1*	4,9 ± 1,9	4,9 ± 1,7
Mover caixa em prateleiras	0 ± 0*	3,3 ± 1,2	3,7 ± 1,4
Soma de todas atividades	9,6 ± 4,3*	22,7 ± 7,0	21 ± 7,9

SAB = Multisensor SenseWear ArmBand; CI = Calorimetria Indireta.

Valores estão expressos como média ± DP.

\* p<0,05 vs. calorimetria indireta

O DW subestimou o GE em todas as atividades e para a soma das cinco atividades (p<0,05). O SAB superestimou o GE para as atividades estritamente de caminhada (p<0,05), porém, apresentou estimativa de GE



semelhante à calorimetria indireta nas outras 3 atividades. Além disso, a estimativa total do GE fornecida pelo SAB durante o protocolo na sua totalidade (soma de todas as atividades) não mostrou diferença estatística quando comparada à calorimetria indireta ( $p>0,05$ ). Um gráfico de Bland e Altman demonstrando esta concordância é mostrado na figura 2.

A superestimação do SAB nas duas atividades de caminhada correlacionou-se com o peso corporal e IMC dos indivíduos (caminhada:  $r=0,48$  com peso corporal e  $r=0,41$  com o IMC,  $p<0,02$  para ambos; caminhada carregando uma mochila:  $r=0,37$  com o peso corporal e  $r = 0,38$  com o IMC,  $p<0,03$  para ambos).

### **Comparação da contagem do número de passos entre os métodos**

A tabela 5 mostra a comparação do NP observada na vídeo-filmagem e estimado pelo DW e SAB. Ambos os aparelhos subestimaram o NP em todas as atividades e para a soma das cinco atividades ( $p<0,05$ ). Não houve diferença entre o SAB e o DW para a contagem do NP durante o todo o protocolo ( $p>0,05$ ).

**Tabela 5** Comparação do número de passos registrado pelos três métodos, para cada atividade, e durante o protocolo completo (soma de todas as atividades)

Número de Passos	Pedômetro	SAB	Vídeo
Caminhada	90 ± 24*	82 ± 25*	103 ± 11
Caminhada com mochila	88 ± 26*	84 ± 22 *	102 ± 11
Levantar e sentar em cadeiras	24 ± 17*	18 ± 11*	30 ± 5
Subir/descer degraus	62 ± 23*	58 ± 27*	79 ± 18
Mover caixa em prateleiras	1 ± 3*	3 ± 8*	0 ± 0
Soma de todas atividades	260 ± 84*	244 ± 83*	314 ± 37

SAB = Multisensor SenseWear ArmBand.  
 Valores estão expressos como média ± DP.  
 \* p<0.05 vs. vídeo

## DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que, em pacientes com DPOC, subir e descer degraus foi a atividade cotidiana mais desgastante, uma vez que promoveu o maior GE, o maior aumento da FC e os maiores valores de sensação de dispnéia e fadiga. O estudo também mostrou que mover caixa em prateleiras foi a atividade menos desgastante, e que os desempenhos nas diferentes atividades diárias se relacionam bem uns com os outros. Além disso, este foi o primeiro estudo que testou a acurácia de um multisensor e um pedômetro em pacientes com DPOC durante a execução de atividades cotidianas. Os resultados demonstram que um monitor de atividade composto

por múltiplos sensores fisiológicos e acelerometria (SAB) apresenta estimativas acuradas do GE durante um protocolo de atividades diárias nessa população, apesar de algumas atividades (especialmente envolvendo caminhada) estarem propensas a superestimação. Por outro lado, o pedômetro (DW) subestimou o GE em todas as atividades e para o protocolo como um todo. Nós também reportamos que ambos os dispositivos igualmente subestimam a contagem do NP para o protocolo como um todo.

Uma informação interessante apresentada pelo estudo é que subir e descer degraus foi a atividade na qual os pacientes com DPOC gastaram mais energia durante o protocolo. Utilizando a escala *Self-Efficacy Scale*[23], foi relatado que subir escadas é o principal fator relacionado à dificuldade ventilatória nessa população. A sensação de dispneia (escala de Borg) relatada pelos nossos pacientes corrobora com este resultado e nós adicionamos novas informações a este assunto por encontrar que a percepção de fadiga também foi maior na atividade de subir e descer degraus. Provavelmente, estes resultados ocorreram devido também ao maior GE e FC obtidos durante esta tarefa em comparação com as outras atividades.

Porto et al.[24] mostraram que, para a mesma demanda metabólica, o exercício de membros superiores causa mais hiperinflação dinâmica e dispneia do que exercício de membros inferiores. Nossas atividades, contudo, não apresentaram a mesma demanda metabólica, e a única atividade de membro superior realizada no presente estudo foi a tarefa em que os pacientes atingiram o menor GE. Este achado pode ser devido ao menor  $VO_2$  imposto pelos exercícios membros superiores quando comparado

aos exercícios de membros inferiores, independentemente da FC, especialmente em pacientes com DPOC[25].

Quanto ao SAB, este multisensor foi previamente validado para estimar o GE em pacientes com DPOC, apresentando boa estimativa do GE durante o TC6[10] e durante um protocolo de esteira com velocidades de caminhada diferentes[11]. Nós estamos adicionando a estes dados prévios, o fato de que, nesta população, o SAB também pode estimar o GE durante atividades cotidianas, tais como levantar e sentar em cadeiras, subir e descer degraus e mover caixa em prateleiras. Com relação a esta última atividade, foi possível hipotetizar que o SAB apresenta estimativa acurada do GE em atividades de membro superior em pacientes com DPOC, o que ainda não tinha sido previamente testado.

Este estudo demonstrou que o SAB superestimou o GE nas atividades de caminhada (caminhada e caminhada carregando uma mochila, ambas em um corredor). Isto contrasta com estudos anteriores[10, 11] e com um artigo publicado recentemente [12], que demonstrou uma boa concordância entre o GE do SAB e da CI. Prováveis explicações para este fato são: (1) Patel et al.[10] utilizaram um diferente software do SAB (uma versão anterior) para analisar os dados (InnerView 2,2), (2) diferentemente da forma de caminhada do presente estudo, Furlanetto et al. al [11] avaliaram caminhada em esteira; já fora demonstrado que, para uma velocidade de caminhada submáxima comparável, a caminhada em esteira é mais desgastante do que a caminhada livre em corredor[26], e (3) Hill et al.[12]. utilizaram o equivalente metabólico (MET) como a variável do SAB para o GE. O software do SAB fornece uma estimativa do total do GE para uma dada atividade em quilocalorias (Kcal) e

uma estimativa diferente para a média de METs, o qual reflete a intensidade de movimento média da atividade selecionada. Da mesma forma que outros pesquisadores[6, 8, 11], optamos pelo uso do GE em Kcal, que é a principal unidade utilizada para expressar energia. Embora o SAB tenha superestimado o GE para atividades de caminhada, esta superestimação correlacionou-se com o peso corporal e o IMC, o que é uma informação importante para o desenvolvimento de novos e adequados algoritmos pelo fabricante. Além disso, quando somadas todas as atividades, o SAB apresentou uma acurada estimativa do GE, o que proporciona promissora evidência de que o dispositivo pode ser acurado para a avaliação do GE na vida real.

O SAB e o pedômetro DW utilizados neste estudo subestimaram o NP quando comparados com o método referência. Estes resultados corroboram achados anteriores[11, 27]. Uma provável explicação para este achado é que o SAB é utilizado em torno da parte superior do braço, que não é o local ideal para a detecção de passo, embora o mecanismo de detecção de passo do SAB não seja bem descrito pelo fabricante do dispositivo. Em termos de detecção de passo em indivíduos saudáveis, o DW foi previamente sugerido como superior aos outros aparelhos semelhantes, em diferentes velocidades de esteira[28] e em distâncias predeterminadas[29]. No entanto, o NP estimado pelo DW no presente protocolo foi inacurado em relação ao método critério. Este resultado pode ter ocorrido devido à baixa velocidade de deslocamento dos pacientes com DPOC ( $2,90 \pm 0,6$  km/h durante a caminhada e  $2,84 \pm 0,6$  km/h durante a caminhada carregando mochila). Isto corrobora com dados prévios da literatura que mostram que pedômetros detectam passos adequadamente em velocidades mais elevadas, mas subestimam o número de

passos em caminhadas lentas [11]. Pitta et al.[2] mostraram que pacientes com DPOC caminham com intensidade 25% mais baixa quando comparados com idosos saudáveis. Levando estes fatos em consideração questões importantes são levantadas quanto ao uso de pedômetros para a determinação de passos, durante a vida diária, em pacientes com DPOC. Neste estudo, o DW também subestimou o GE. Crouter et al.[30] relataram que pedômetros são inaccurados tanto para a estimativa da distância percorrida quanto para a determinação do GE. Isto pode ser devido ao mecanismo dos pedômetros para a estimativa do GE: é baseado na contagem de passos, que é também inaccurada em velocidades lentas.

#### *Limitações do estudo*

A temperatura e umidade do ar não foram controladas para as avaliações. No entanto, como tivemos por objetivo estudar a estimativa do GE durante atividades da "vida real", preferiu-se realizar os testes fora do laboratório, em condições meteorológicas não-controladas. Além disso, não houve condições extremas de clima quente e frio durante o período da coleta de dados.

O GE da calorimetria indireta não foi analisado durante o “*steady state*” (três minutos após o início da tarefa). No entanto, em nossa percepção, é incomum que pacientes com DPOC passem longos períodos de tempo em atividades simples, como subir e descer degraus, levantar e sentar em cadeiras e mover caixas em prateleiras. Portanto, com a finalidade de se aproximar do comportamento na vida real, utilizamos curtos períodos de tempo. Um minuto de tarefa foi adotado porque é o período mínimo de tempo que pode ser analisado pelo software do SAB.

Em resumo, o presente estudo mostrou que, em pacientes com DPOC, a atividade diária mais desgastante, em termos de GE, é subir e descer degraus. Além disso, foi demonstrado que o multisensor SenseWear Armband é uma ferramenta útil para fornecer uma estimativa global do GE durante as atividades cotidianas e o pedômetro não pode ser utilizado com esta finalidade.

### **Agradecimentos**

Este estudo recebeu apoio financeiro da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) - Brasil. FP é financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os autores agradecem a valiosa ajuda dos seguintes fisioterapeutas: Nídia Aparecida Hernandes, Karina C. Furlanetto, Gianna W. Bisca e Anna Thaís J. Sant'ana. Gostaríamos também de agradecer especialmente ao Prof. Antonio Fernando Brunetto (*in memoriam*), que desempenhou um papel importante na concepção deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, Barnes PJ, Buist SA, Calverley P, Fukuchi Y, Jenkins C, Rodriguez-Roisin R, van Weel C, Zielinski J: Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;176:532-555.

2 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;171:972-977.

3 Velloso M, Stella SG, Cendon S, Silva AC, Jardim JR: Metabolic and ventilatory parameters of four activities of daily living accomplished with arms in COPD patients. *Chest* 2003;123:1047-1053.

4 Garcia-Aymerich J, Lange P, Benet M, Schnohr P, Anto JM: Regular physical activity reduces hospital admission and mortality in chronic obstructive pulmonary disease: a population based cohort study. *Thorax* 2006;61:772-778.

5 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;32:301-308.

6 Fruin ML, Rankin JW: Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1063-1069.



7 Wahrlich V, Anjos LA, Going SB, Lohman TG: Validation of the VO2000 calorimeter for measuring resting metabolic rate. *Clin Nutr* 2006;25:687-692.

8 Jakicic JM, Marcus M, Gallagher KI, Randall C, Thomas E, Goss FL, Robertson RJ: Evaluation of the SenseWear Pro Armband to assess energy expenditure during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:897-904.

9 Pitta F, Troosters T, Probst VS, Spruit MA, Decramer M, Gosselink R: Quantifying physical activity in daily life with questionnaires and motion sensors in COPD. *Eur Respir J* 2006;27:1040-1055.

10 Patel SA, Benzo RP, Slivka WA, Scirba FC: Activity monitoring and energy expenditure in COPD patients: a validation study. *COPD* 2007;4:107-112.

11 Furlanetto KC, Bisca GW, Oldemberg N, Sant'anna TJ, Morakami FK, Camillo CA, Cavalheri V, Hernandez NA, Probst VS, Ramos EM, Brunetto AF, Pitta F: Step counting and energy expenditure estimation in patients with chronic obstructive pulmonary disease and healthy elderly: accuracy of 2 motion sensors. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:261-267.

12 Hill K, Dolmage TE, Woon L, Goldstein R, Brooks D: Measurement properties of the SenseWear armband in adults with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2010;65:486-491.

13 Celli BR, Cote CG, Marin JM, Casanova C, Montes de OM, Mendez RA, Pinto P, V, Cabral HJ: The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea,

and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 2004;350:1005-1012.

14 Puhan MA, Garcia-Aymerich J, Frey M, ter RG, Anto JM, Agusti AG, Gomez FP, Rodriguez-Roisin R, Moons KG, Kessels AG, Held U: Expansion of the prognostic assessment of patients with chronic obstructive pulmonary disease: the updated BODE index and the ADO index. *Lancet* 2009;374:704-711.

15 Skumlien S, Hagelund T, Bjortuft O, Ryg MS: A field test of functional status as performance of activities of daily living in COPD patients. *Respir Med* 2006;100:316-323.

16 ATS statement: guidelines for the six-minute walk test: *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111-117.

17 Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, van der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J: Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005;26:319-338.

18 Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J: Valores de referência para a espirometria em uma amostra da população brasileira adulta / Reference values for spirometry in Brazilian adults . *J Bras Pneumol* 1992;18:10-22.

19 Troosters T, Gosselink R, Decramer M: Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J* 1999;14:270-274.

20 Black LF, Hyatt RE: Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969;99:696-702.

21 Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE: Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 1999;32:719-727.

22 Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-310.

23 Wigal JK, Creer TL, Kotses H: The COPD Self-Efficacy Scale. *Chest* 1991;99:1193-1196.

24 Porto EF, Castro AA, Velloso M, Nascimento O, Dal MF, Jardim JR: Exercises using the upper limbs hyperinflate COPD patients more than exercises using the lower limbs at the same metabolic demand. *Monaldi Arch Chest Dis* 2009;71:21-26.

25 Probst VS, Troosters T, Pitta F, Decramer M, Gosselink R: Cardiopulmonary stress during exercise training in patients with COPD. *Eur Respir J* 2006;27:1110-1118.

26 Singh SJ, Morgan MD, Hardman AE, Rowe C, Bardsley PA: Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *Eur Respir J* 1994;7:2016-2020.

27 Melanson EL, Knoll JR, Bell ML, Donahoo WT, Hill JO, Nysse LJ, Lanningham-Foster L, Peters JC, Levine JA: Commercially available

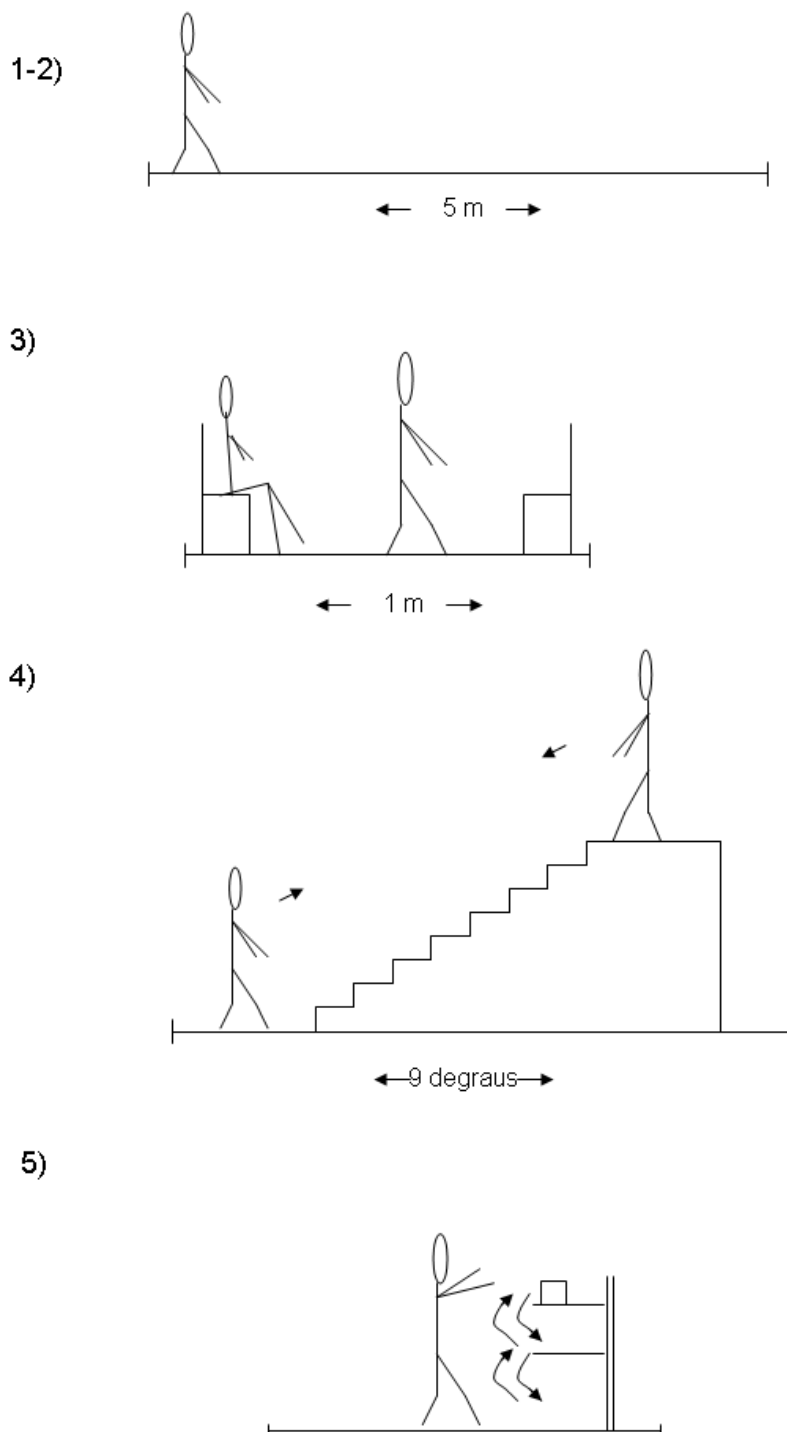
pedometers: considerations for accurate step counting. *Prev Med* 2004;39:361-368.

28 Bassett DR, Jr., Ainsworth BE, Leggett SR, Mathien CA, Main JA, Hunter DC, Duncan GE: Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1071-1077.

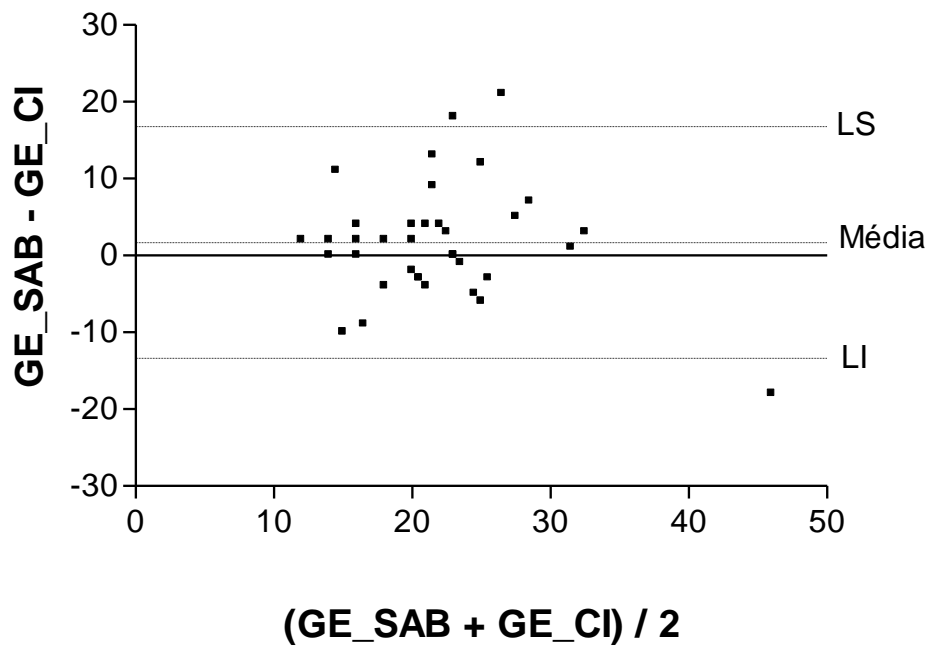
29 Schneider PL, Crouter SE, Lukajic O, Bassett DR, Jr.: Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over a 400-m walk. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1779-1784.

30 Crouter SE, Schneider PL, Karabulut M, Bassett DR, Jr.: Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1455-1460

**Figura 1** Protocolo de atividades baseadas na ADL Glittre-teste que incluiu cinco atividades realizadas durante um minuto cada um: 1) andando sobre o nível (5 metros do corredor), 2) andando sobre o nível (5 corredor metros) carregando uma mochila (5 kg para os homens e 2,5 kg para mulheres), 3) andando para cima / baixo (9 etapas), 4) aumento de uma cadeira e sentar-se em outra cadeira posicionada a 1 metro de distância e 5), objetos que se movem dentro e fora de uma prateleira.



**Figura 2** Bland & Altman comparando os resultados do gasto energético (GE, em kcal) registrado pelo SenseWear (SAB) versus o método de critério (calorimetria indireta [CI]) em pacientes com DPOC durante todo o protocolo (somando as 5 atividades diárias) . A linha pontilhada central corresponde à diferença média entre os respectivos métodos, enquanto que as linhas superiores e inferiores pontilhadas correspondem aos limites superior e inferior de concordância (LS e LI, respectivamente).



**CONCLUSÕES**

## CONCLUSÕES

Considerando os resultados de ambos os estudos apresentados nesta dissertação pode-se concluir que tanto em pacientes com DPOC quanto em idosos saudáveis, o multisensor SenseWear Armband apresenta melhor estimativa do gasto energético durante a maioria das velocidades de caminhada em comparação com o pedômetro Digiwalker SW701. Por outro lado, para a determinação do número de passos, foi observado acurácia somente utilizando o pedômetro durante a mais alta velocidade do protocolo para ambos os grupos.

Com relação às atividades cotidianas em pacientes com DPOC, a atividade diária mais desgastante, em termos de gasto energético, é subir e descer degraus. Além disso, foi demonstrado que o multisensor SenseWear Armband é uma ferramenta útil para fornecer uma estimativa global do gasto energético durante as atividades cotidianas e o pedômetro Digiwalker SW701 não pode ser utilizado com esta finalidade.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. Casaburi R, ZuWallack R. Pulmonary rehabilitation for management of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 2009;360(13):1329-35.
3. Troosters T, Casaburi R, Gosselink R, Decramer M. Pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;172(1):19-38.
4. Barnes PJ, Celli BR. Systemic manifestations and comorbidities of COPD. *Eur Respir J* 2009;33(5):1165-85.
5. 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 May 1;171(9):972-7.
6. Velloso M, Stella SG, Cendon S, Silva AC, Jardim JR. Metabolic and ventilatory parameters of four activities of daily living accomplished with arms in COPD patients. *Chest* 2003 Apr;123(4):1047-53.
7. Pitta F, Troosters T, Probst VS, Spruit MA, Decramer M, Gosselink R. Quantifying physical activity in daily life with questionnaires and motion sensors in COPD. *Eur Respir J* 2006 May;27(5):1040-55.
8. Steele BG, Holt L, Belza B, Ferris S, Lakshminaryan S, Buchner DM. Quantitating physical activity in COPD using a triaxial accelerometer. *Chest* 2000 May;117(5):1359-67.
9. Schneider PL, Crouter SE, Bassett DR. Pedometer measures of free-living physical activity: comparison of 13 models. *Med Sci Sports Exerc* 2004 Feb;36(2):331-5.
10. Crouter SE, Schneider PL, Karabulut M, Bassett DR, Jr. Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Med Sci Sports Exerc* 2003 Aug;35(8):1455-60.
11. King GA, Torres N, Potter C, Brooks TJ, Coleman KJ. Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004 Jul;36(7):1244-51.
12. Jakicic JM, Marcus M, Gallagher KI, Randall C, Thomas E, Goss FL, et al. Evaluation of the SenseWear Pro Armband to assess energy expenditure during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004 May;36(5):897-904.

13. Patel SA, Benzo RP, Slivka WA, Scirba FC. Activity monitoring and energy expenditure in COPD patients: a validation study. *COPD* 2007 Jun;4(2):107-12.
14. Macfarlane DJ, Lee CC, Ho EY, Chan KL, Chan D. Convergent validity of six methods to assess physical activity in daily life. *J Appl Physiol* 2006 Nov;101(5):1328-34.
15. Le Masurier GC, Tudor-Locke C. Comparison of pedometer and accelerometer accuracy under controlled conditions. *Med Sci Sports Exerc* 2003 May;35(5):867-71.
16. Tudor-Locke C, Ainsworth BE, Thompson RW, Matthews CE. Comparison of pedometer and accelerometer measures of free-living physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Dec;34(12):2045-51.17.
17. Baarends EM, Schols AM, Pannemans DL, Westerterp KR, Wouters EF. Total free living energy expenditure in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155(2):549-554

**ANEXOS**

## **Anexos**

### **Anexo 1 - Normas para publicação no periódico Archives of Physical Medicine and Rehabilitation (ISSN-0003-9993)**

#### ***Title Page***

The title page should include:

- (1) word counts for the main text (from opening paragraph through conclusions) and Abstract.
- (2) a short running head of no more than 40 characters (count letters and spaces)
- (3) the article title (informative but concise);
- (4) first name, middle initial, and last name of each author, with highest academic degree(s);
- (5) all authors' institutional affiliations (department, institution, city, state/province);
- (6) disclaimers, if any;
- (7) if all or part of the material in the manuscript was presented at a meeting, report the organization, city, and date of presentation
- (8) the source(s) of support in the form of grants, equipment, drugs, or all of these;
- (9) the authors' financial disclosure (as selected in the Disclosure Statements & Copyright Assignment form) and description of authors' conflicts of interest
- (10) complete name, address, telephone number, fax number, and e-mail address of the designated corresponding author to whom all communications and reprint requests should be addressed; and
- (11) a statement if reprints will not be available from the authors.

#### ***Abstract***

For Articles reporting original data (Article; Brief Reports; Prosthetics, Orthotics, Devices; Clinical Management Reviews; Clinical Implications of Basic Research) and Review Articles (including Meta-Analyses), see the Instructions for Structured Abstracts. For other manuscripts (eg, Clinical Notes, Commentaries, Special Communications), include a conventional, unstructured abstract of no more than 250 words.

Accompanying all abstracts, authors must provide 3 to 5 Key Words. Key words must be selected from the US National Library of Medicine's (NLM) *Permuted Medical Subject Headings*, which is available at <http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>.

**Text**

The text of observational and experimental articles is usually divided into sections with the headings Introduction, Methods, Results, Discussion, and Conclusions. Longer articles may need subsection headings to clarify their content, especially the Results and Discussion sections. Clinical Notes are usually divided into sections with the headings Introduction, Case Description, Discussion, and Conclusions.

Clinical Management Reviews should have the following sections: Introduction, Summary of Pertinent Research, Therapeutic Approach, and Conclusions. Other types of articles such as Commentaries and Special Communications do not require this format.

**Introduction:** State the purpose of the article. Summarize the rationale for the study or observation. Give only pertinent references, and do not review the subject extensively. Do not include data or conclusions from the work being reported.

**Methods:** Describe the selection of the observational or experimental subjects (patients or experimental animals, including controls) clearly. Discuss eligibility of experimental subjects. Give details about randomization. Describe the methods for any blinding of observations. Identify the methods, equipment and materials, and procedures in sufficient detail to allow others to reproduce the results. Reference established methods, including statistical methods (see below); provide very brief descriptions for methods that have been published but are not well known; describe new or substantially modified methods, give reasons for using them, and evaluate their limitations. Identify precisely all drugs and chemicals used, including generic name(s), dose(s), and route(s) of administration.

**Results:** When data are summarized in the Results section, specify the statistical methods used to analyze them. Describe the success of any blinding of observations. Report treatment complications. Give numbers of observations. Report losses to observation (ie, dropouts from a clinical trial). Present results in logical sequence in the text, tables, and illustrations. Restrict tables and figures to those needed to explain arguments and to assess their support. Use graphs as an alternative to tables with many entries; do not duplicate data in graphs and tables. Do not repeat in the text all the data in the tables, illustrations, or both; emphasize or summarize only important observations.

**Discussion:** Emphasize the new and important aspects of the study and the conclusions that follow from them. Do not repeat in detail data or other material given in the Introduction or the Results section. Include in the Discussion section the implications of the findings and their limitations, including implications for future research. Authors should address the issue of effect magnitude, in terms of both the statistics reported and the implications of the research. Relate the observations to other relevant studies.

**Study Limitations:** Authors must include in the Discussion section a subsection, Study Limitations, to discuss the limitations of the study.

**Conclusions:** Link the conclusions with the study's goals but avoid unqualified statements not completely supported by the data. Avoid claiming priority and alluding to work that is incomplete. State new hypotheses when warranted, but clearly label them as such. Recommendations, when appropriate, may be included.

### **Acknowledgments**

One or more statements should specify: (1) contributions that do not justify authorship (ie, third-party statistical analysis, writing/editing); and (2) acknowledgments of technical help.

Acknowledge financial and material support and financial relationships that may pose a conflict of interest on the title page (see Manuscript Preparation and Disclosure Statements & Copyright Assignment).

Persons who have contributed intellectually to the manuscript but whose contributions do not justify authorship must be named and their function or contribution described, eg, "scientific adviser," "critical review of study proposal," "data collection," or "participation in clinical trial." Such persons must give permission to be named. Authors are responsible for obtaining written permission from persons acknowledged by name because readers may infer their endorsement of the data and conclusions.

Clerical, administrative, and laboratory staff should not be acknowledged, unless they have contributed significantly to the research, writing, or intellectual quality of the article.

### **References**

References in manuscripts accepted by *Archives* shall include only material that is retrievable through standard literature searches. Number references consecutively in the order in which they first appear in the text. Identify references in text, tables, and legends by superscript Arabic numerals. References cited only in tables or in legends to figures should be numbered in accordance with a sequence established by the first identification in the text of the particular table or figure.

Use the style of the examples below, which are based on the formats used by the NLM in *Index Medicus*. The titles of journals should be abbreviated according to the style used in *Index Medicus*. Consult *List of Serials Indexed in Index Medicus*, which is available from the NLM and at <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lsiou.html>.

Try to avoid using abstracts as references; "unpublished observations" and "personal communications" may not be used as references, although references to written, not oral, communications may be inserted (in parentheses) in the text. Avoid "personal communication" unless it provides essential information not available from a public source. In this case, cite the name of the person and date of communication in parentheses in the text. For

scientific articles, authors should obtain written permission and confirmation of accuracy from the source of personal communication.

Include among the references those papers **accepted** but not yet published; designate the journal and add "In press." Authors must obtain written permission to cite such papers as well as verification that they have been accepted for publication. Editors will request from the author(s) a copy of the letter from the journal accepting the "in press" article if the manuscript in which it is cited is accepted by *Archives*. Information from manuscripts **submitted** but not yet accepted should be cited in the text as "(unpublished observations)" with written permission from the source.

The references must be verified by the author(s) against the original documents. List all authors and/or editors for each reference. Do not insert "et al."

### ***Suppliers***

After the References section, provide a Suppliers list with contact information (names and complete mailing addresses) for manufacturers of devices and other nondrug products used directly in a study (ie, do not provide such information for products not directly used in your research but mentioned in studies you cite). Identify equipment and/or materials in text, tables, and legends by superscript lower case letters. List suppliers consecutively in the order they are mentioned in the text.

Manufacturer names and locations should **not** be listed in the text where the product is introduced. Do not list **Suppliers** in the **References** list.

Do not list drug manufacturers in the **Suppliers** list.

### ***Tables***

Submit each table as a separate file. Number tables consecutively in the order of their first citation in the text and supply a brief title for each. Give each column a short or abbreviated heading. Place explanatory matter in footnotes, not in the heading. Explain in footnotes all nonstandard abbreviations that are used in each table. For footnotes, use the following symbols, in this sequence:

\*, †, ‡, §, ||, ¶, #, \*\*, ††, ‡‡,...

Identify statistical measures of variations such as standard deviation and standard error of the mean. Do not use internal horizontal and vertical rules. Be sure that each table is cited in the text in order. Using too many tables in relation to the length of the text may produce typesetting difficulties. Data from another published or unpublished source may only be used with permission and must be acknowledged fully. It is the author's responsibility to obtain such permission.

### ***Figures, Images, and Photographs***

Figures should be numbered consecutively in the order they are first cited in the text. If a figure has been published, acknowledge the original source and submit written permission from the copyright holder to reproduce the material.



Permission is required, irrespective of authorship or publisher, except for documents in the public domain.

Letters, numbers, and symbols should be clear and even throughout, and of sufficient size that when reduced for publication each item will still be legible. Titles and detailed explanations belong in the legends for figures, not on the figures themselves.

Consistency in size within the article is strongly preferred. Any special instructions regarding sizing should be clearly noted.

Photomicrographs must have internal scale markers. Symbols, arrows, or letters used in the photomicrographs should contrast with the background.

If photographs of persons are used, either the subjects must not be identifiable or their pictures must be accompanied by written permission to use the photographs.

Figures should be numbered consecutively in the order they are first cited in the text. If a figure has been published, acknowledge the original source in the reference list and in the legend and submit written permission from the copyright holder to reproduce the material. Permission is required, irrespective of authorship or publisher, except for documents in the public domain.

The Editorial Board reserves the right to determine which figures are appropriate for publication. Color figures (minimum 300dpi) will be published without charge when color reproduction is essential to understanding of the material presented. There is no charge for publication of noncolor illustrations.

## Anexo 2 - Normas para publicação no periódico *European Respiratory Journal* (ISSN-1399-3003)

### Manuscript preparation

#### General

- The manuscript file you submit must be saved as **.rtf (rich text format)** or **.doc (MS Word document)**.
- Original articles should not exceed 3,000 words, not including abstract, references, tables and legends. However, if manuscripts do exceed this limit, please state the final word count and explicit reasons for exceeding the limit in your covering letter.
- Figures and/or tables should be limited to no more than **eight** altogether. Large figures with a high number of parts should be avoided owing to space limitations. Large figures can be presented in the online depository.
- Abbreviations or unusual terms should be described at the first time of use.
- Symbols as defined by the ad hoc working group of the Commission of the European Communities (see *Eur Respir J* 1993; 6: Suppl. 16) are recommended.
- Système International (SI) units are recommended.
- Equations should be created as normal text.

#### Title page

- Please provide a concise and informative title, **limited to 90 characters**, including spaces between words.
- Include a list of all contributing authors and all of their affiliations, with a clear indication of who is associated with each institution.
- Supply the full correspondence details for the corresponding author, including e-mail address. Please note that only one corresponding author per manuscript should be provided.

#### Abstract

- Please provide an abstract of **200 words** or fewer, which is easily understood without reference to the text (see *Ann Intern Med* 1987; 106: 598-604).
- The abstract must have **four separate paragraphs**, which correspond to the question of the study, materials/patients and methods, results, and the answer to the question. One or two sentences of background information can be included before the question if necessary. The question and answer should be the same as those in the text.
- Include only a few important values.
- Avoid using abbreviations.

## Keywords

- Please provide a list of **6 keywords** or fewer.
- The keywords should be listed alphabetically.
- The keywords should be listed in full without abbreviations.

## Introduction

- State the question you asked (or hypothesis to be tested) and your considerations leading to the formulation of the question.
- Give only pertinent references.

## Material and methods

### *Study subjects or animals*

- Clearly describe how the subjects or experimental animals were identified, including the control subjects when used. For animals, see *Laboratory Animals* 1985; 19: 106-108.
- Clearly state the eligibility criteria for cases and controls in observational studies, or for subjects in clinical trials.
- All work involving studies on human subjects is expected to have received approval from local Ethical Committees and the regulatory authority (when appropriate, for example, drug trials).
- Animal experimentation must be performed according to the Helsinki convention for the use and care of animals.
- Provide details of the species and/or strain and number of animals involved in the study.
- The Editors reserve the right to refuse work which does not conform to acceptable ethical criteria.

### *Study design*

- Clearly state the main study objective(s).
- Provide an overview of the main tests or experiments.
- Consider sample size and whether you have enough subjects to reliably address the research question.
- Papers on clinical trials should include details of the sample size calculation (*i.e.* the expected effect size, power, level of statistical significance and one- or two-sided test). The sample size should be reproduced independently.

### *Methods*

- Describe the methods and apparatus in sufficient detail to allow other workers to evaluate or reproduce the tests/experiments.
- For methods that have been published before, provide only a reference or a reference and a brief description.
- Identify drugs and chemicals, including generic name, dosage and route of administration.

- Please provide manufacturer and manufacturer's address for equipment, drugs and chemicals, as necessary, but not in a separate section.
- For systematic reviews, make sure that the keywords used to search electronic medical databases cover different terminology (for example, tumour or cancer) and spelling (for example, randomised or randomized).

### *Analysis*

- Clearly state and define the main outcome measure(s).
- Briefly state the statistical methods used during the analysis if they are standard. New methods should be described with justification.
- In the case of single- or multicentre trials with blinded intervention, the code must have been broken at the end of the study in the presence of the responsible investigator of each centre. The code and the data will then be available to each participating centre. The first author should make provisions so that if needed, the data are available to the *ERJ* for independent statistical analysis.

### **Results**

- Keep the Results section brief.
- Describe the baseline characteristics or condition of patients or animals.
- Focus on the important results, *i.e.* those that help address the research question.
- Present most data in figures or tables, not in the text. In the text, emphasise or summarise the most important observations.

### **Discussion**

- At the beginning of the Discussion, summarise the main results, and show how they have addressed the research question.
- Make sure that the conclusions are consistent with the results and are pertinent to the research question.
- Describe the limitations of the study and/or analysis, and discuss the possible implications on the conclusions.
- Emphasise the new and important aspects of the study.
- Try to explain contradictory or unexpected results, or discrepancies with previous findings.

### **Acknowledgements**

- All acknowledgements should be grouped into one paragraph placed after the Discussion.
- Only acknowledge persons who have made substantial contributions to the study.
- Provide the names and affiliation details of members of collaborating bodies

### **References**

- Number references consecutively in the order in which they first appear in the text, using full size Arabic numerals in square brackets.
- All authors must be included in the reference list.
- For original articles, the number of references should be limited to 30.
- References should conform to the style used in *Index Medicus* (Vancouver Style) as shown in the following examples:

## Tables

- Tables should be created and inserted into the text document using the 'Table', 'Insert Table'; function in your word processing package; **DO NOT supply tables in a separate file.**
- Tables should be numbered consecutively with Arabic numerals.
- Limit decimals to a sensible number.
- Large tables should be avoided due to space restrictions, and if used may be split.
- Please provide a clear footnote for all tables, making sure ALL abbreviations and symbols used are defined.
- Any references in tables should run on in numerical order from the text where the table is cited.
- The *ERJ* discourages the use of previously published tables unless absolutely essential. If such tables must be used, you must obtain permission from the copyright owner, which is usually the publisher and **not** the original author. Use of the table may involve a fee payable to the original publisher. Please note that some publishers will not provide permission for publication, which precludes these tables from being displayed in both the printed and the online version of the *ERJ*. Once your manuscript has been accepted for publication, the *ERJ* publications team will contact you requesting that all written confirmation details are forwarded to them for their records.

## Figures

- Figures constitute a key element of manuscripts submitted to the *ERJ*. However, figures should be limited to those required to show the essential features described in the manuscript. Large figures with a high number of parts should also be avoided. Redundant or excessive figures will not be published due to space restrictions. Figures such as these can be presented in the [online depository](#).
- All submitted figures must be clearly named and numbered, giving the figure number both as part of the filename and on the figure itself. If labelling is necessary, see a recent issue of the *ERJ* for the degree of labelling required.
- There is a charge for colour figures; however, a discounted rate is available to Members. Please contact the Publications Office for further details.
- Please attempt to keep each figure **under 1 megabyte (MB)**. If it is over 1 MB, the upload time will be considerably increased; likewise, the download time could be significantly increased.

- Whether for images, drawings, or graphs, we recommend that no more than four components be used for a given figure (e.g. a, b, c, d).
- Images embedded in the .doc or .rtf file WILL NOT be accepted.
- The *ERJ* discourages the use of previously published figures unless absolutely essential. If such figures must be used, you must obtain permission from the copyright owner, which is usually the publisher and **not** the original author. Use of the figure may involve a fee payable to the original publisher. Please note that some publishers will not provide permission for publication, which precludes these figures from being displayed in both the printed and the online version of the *ERJ*. Once your manuscript has been accepted for publication, the *ERJ* publications team will contact you requesting that all written confirmation details are forwarded to them for their records.