

Danielle Corrêa França

**UM PROGRAMA DE TREINAMENTO DE *ENDURANCE* INFLUENCIA O  
MOVIMENTO TORACOABDOMINAL DE PACIENTES COM DOENÇA  
PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA?**

Belo Horizonte  
Universidade Federal de Minas Gerais  
2008

Danielle Corrêa França

**UM PROGRAMA DE TREINAMENTO DE *ENDURANCE* INFLUENCIA O  
MOVIMENTO TORACOABDOMINAL DE PACIENTES COM DOENÇA  
PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, nível Mestrado, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

**Área de concentração:** Desempenho Funcional Humano.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dra. Verônica Franco Parreira

**Co-orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dra. Raquel Rodrigues Britto

Belo Horizonte  
Universidade Federal de Minas Gerais  
2008

F815p França, Danielle Corrêa  
2008 Um programa de treinamento endurance influencia o movimento toracoabdominal de pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica? [manuscrito] / Danielle Corrêa França. – 2008.  
103 f., enc.:il.

Orientadora: Profa. PhD. Verônica Franco Parreira  
Co-Orientadora: Profa. PhD. Raquel Rodrigues Britto

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.  
Bibliografia: f. 50-59

1. Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica – Teses. 2. Reabilitação – Teses. 3. Exercícios físicos – Teses. 4. Parede torácica – Teses. 5. Fisioterapia – Teses. I. Parreira, Verônica Franco. II. Britto, Raquel Rodrigues. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 616.24

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho...*

*Aos meus pais, Edson e Rita,*

*pelo amor incondicional,*

*ao Thiago pelo companheirismo,*

*à Profª Verônica pelo incentivo.*

*O apoio de vocês tornou tudo mais fácil!*

## **AGRADECIMENTOS**

Em especial à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Verônica Franco Parreira, pelos ensinamentos, conselhos, amizade, e por sempre acreditar e incentivar a realização desse sonho.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Rodrigues Britto, co-orientadora desse trabalho, pelas valiosas contribuições e participação no meu crescimento científico.

Aos professores e funcionários do departamento de pós-graduação, em especial ao Prof. Dr. Marcelo Velloso, pelos ensinamentos e convivência.

À Danielle Soares e à Trícia Guerra, pela importante, competente e constante contribuição para execução desse trabalho, parceria, dedicação e amizade.

À Nádja Pereira, pela confecção do programa que permitiu o processamento dos dados e pela ajuda na análise dos sinais.

Aos bolsistas e voluntários do LabCare que participaram das coletas de dados e/ou treinamento, em especial à Susan Lage e à Danielle Gomes pela disponibilidade, interesse e amizade.

À todos os alunos do LabCare, pelo incentivo e amizade, em especial à Camila Zampa pela parceria nos estudos e à Dayane Montemezzo pela hospitalidade.

Aos pacientes que participaram voluntariamente desse estudo, pela disponibilidade e paciência.

Aos meus pais pela dedicação, incentivo e exemplo de valores e princípios, ao Thiago pelo amor, paciência e por estar sempre ao meu lado, ao Rafa pela amizade, e a todos os familiares e amigos pelo apoio.

A Deus e aos espíritos de luz que sempre guiaram o meu caminho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	IX
Capítulo 1 - INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica.....	11
1.2 Assincronia Toracoabdominal.....	13
1.3 Treinamento de <i>Endurance</i> dos Membros Inferiores.....	22
1.4 Justificativa.....	24
1.5 Objetivo do Estudo.....	25
Capítulo 2 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
2.1 Delineamento.....	26
2.2 Local de Realização.....	26
2.3 Amostra.....	26
2.3.1 <i>Participantes</i> .....	26
2.3.2 <i>Critérios de Inclusão</i> .....	27
2.3.3 <i>Critérios de Exclusão</i> .....	28
2.4 Aspectos Éticos.....	28
2.5 Instrumentos de Medida.....	29
2.5.1 <i>Pletismografia Respiratória por Indutância</i> .....	29
2.5.2 <i>Cicloergômetro</i> .....	32
2.5.3 <i>Oxímetro de Pulso</i> .....	32
2.5.4 <i>Escala de Borg Modificada</i> .....	33
2.5.5 <i>Cardiofrequencímetro</i> .....	34
2.5.6 <i>Eletrocardiógrafo</i> .....	34
2.5.7 <i>Esfigmomanômetro e Estetoscópio</i> .....	35

2.5.8 Perfil de Atividade Humana (PAH).....	35
2.5.9 Escala Medical Research Council .....	35
2.5.10 Balança calibrada.....	36
<b>2.6 Varáveis Analisadas.....</b>	<b>36</b>
2.6.1 Ângulo de Fase (PhAng) .....	36
2.6.2 Relação de Fase Inspiratória (PhRIB) .....	38
2.6.3 Relação de Fase Expiratória (PhREB) .....	39
2.6.4 Função Correlação Cruzada (CCF) .....	39
<b>2.7 Protocolo Experimental.....</b>	<b>39</b>
2.7.1 Avaliações .....	40
2.7.2 Programa de Treinamento de Endurance.....	42
<b>2. 8 Redução dos dados.....</b>	<b>45</b>
<b>2. 9 Análise dos dados.....</b>	<b>46</b>
<b>Capítulo 3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>50</b>
<b>Capítulo 4 - ARTIGO: Lower-limb endurance training program influences</b>	<b>60</b>
<b>thoracoabdominal motion of patients with chronic obstructive pulmonary</b>	
<b>disease? .....</b>	
<b>Capítulo 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>90</b>
APÊNDICES.....	92
ANEXOS.....	97

## RESUMO

França, D.C. **Um programa de treinamento de *endurance* influencia o movimento toracoabdominal de pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica?** Belo Horizonte, UFMG, 2008.

A presença do movimento toracoabdominal (MTA) assincrônico, no repouso e particularmente no exercício, é considerada um importante sinal da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), associada a gravidade. Embora os mecanismos que determinam a assincronia não foram elucidados, ela tem sido relacionada a disfunção dos músculos respiratórios, determinada pela hiperinsuflação. O treinamento de *endurance* dos membros inferiores (MMII) proporciona efeitos positivos, entretanto não foram encontrados estudos avaliando a influência deste treinamento sobre o MTA de pacientes com DPOC. O objetivo do presente estudo foi analisar as repercussões do treinamento de *endurance* dos MMII sobre o MTA, durante o exercício, em pacientes com DPOC, assim como comparar o MTA durante repouso e exercício. Foi conduzido um *single-subject experimental design* com avaliações periódicas, durante teste incremental máximo, com duas fases: A - *baseline*, sem treinamento, por 6 semanas; B - treinamento de *endurance* dos MMII por 12 semanas (três vezes/semana). Dois participantes com DPOC grave, de acordo com a GOLD, foram estudados. Utilizou-se a Pletismografia Respiratória por Indutância para avaliar: Relação de Fase Inspiratória (PhRIB), Relação de Fase Expiratória (PhREB) e Função Correlação Cruzada (CCF). Cortes do traçado da pletismografia foram realizados no repouso e em dois níveis de exercício de todas as avaliações (isocarga e carga pico). Para a comparação do MTA entre as fases de *baseline* e treinamento nos dois níveis de exercício foram consideradas respostas ao treinamento os resultados com concordância entre a Análise Visual e no mínimo um teste estatístico (*Two Standard Deviation Band test and Celeration Line*), considerando significativo  $p < 0,05$ . Para comparação do MTA entre repouso e os dois níveis de exercício foi utilizada ANOVA para medidas repetidas, considerando significativo  $p < 0,017$  segundo correção de Bonferroni. Na comparação do MTA entre as fases de *baseline* e treinamento foi observada diminuição significativa da PhRIB na isocarga e PhREB na carga pico no Participante 1, e diminuição significativa da PhRIB e PhREB na isocarga e PhRIB na

carga pico no Participante 2. Não foram observadas diferenças significativas nas demais comparações. Na comparação do MTA entre repouso e exercício houve aumento significativo da PhRIB, PhREB e CCF durante o exercício, em ambos os participantes, sem diferença significativa entre os dois níveis de exercício. Foi observado traçado não senoidal durante o exercício, proveniente de irregularidades do compartimento abdominal. Esses resultados sugerem que o exercício e o treinamento de *endurance* influenciaram o MTA dos pacientes com DPOC avaliados. Apesar do exercício ressaltar a assincronia em relação ao repouso, o programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores foi capaz de diminuir essa sobrecarga respiratória em indivíduos com DPOC. O comportamento do MTA não foi o mesmo para os dois participantes. Esta diferença pode ser decorrente de características individuais, dentre as quais destaca-se distintos padrões de hiperinsuflação dinâmica descritos na literatura.

**ABSTRACT**

França, D.C. **Lower-limb endurance training influences thoracoabdominal motion of patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease?** Belo Horizonte, UFMG, 2008.

The presence of asynchronous thoracoabdominal motion (TAM) at rest and particularly during exercise is considered an important sign of chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and has been associated with higher severity of the disease. Although the mechanisms that determine asynchrony have not been elucidated this have been related to respiratory muscles dysfunction, determined by hyperinflation. Lower-limb endurance training provides important positive effects, however, studies addressing its influence on asynchrony of patients with COPD have not been found. The aim of this study was to analyze the impact of lower-limb endurance training in TAM during exercise in COPD patients as well as to compare TAM at rest and during exercise. It was conducted a single-subject experimental design with periodic assessments, during maximal incremental tests, with two phases: A-baseline, without any intervention for 6 weeks; B-lower-limb endurance training for 12 weeks (three times/week). Two participants with severe COPD, according to GOLD, were studied. Respiratory inductive plethysmography was used for assessing: Inspiratory Phase Relation (PhRIB), Expiratory Phase Relation (PhREB) and Cross-Correlation Function (CCF). Cuts of plethysmography waveforms were done at rest and two levels of exercise (same load and peak load). For comparisons of TAM between baseline and training phases in two levels of exercise were considered response to intervention results with concordance between Visual Analysis and at least one statistical test (Two Standard Deviation Band test and Celeration Line), considering significant  $p < 0.05$ . Comparisons of TAM between rest and two levels of exercise were performed with ANOVA for repeated measures, considering significant  $p < 0.017$ , according to Bonferroni correction. Comparisons of TAM between baseline and intervention phases showed significant decrease in PhRIB during same load and in PhREB during peak load in Participant 1, as well significant decrease in PhRIB and PhREB during same load and in PhRIB during peak load in Participant 2. No significant change was observed in other variables. Comparisons of TAM between rest and exercise showed significant increase in

PhRIB, PhREB and CCF during exercise, in both participants, without significant differences between two levels of exercise. It was also observed that waveform during exercise was nonsinusoidal and irregularities appear to be arising out of abdominal compartment. These results suggest that exercise and endurance training influenced TAM of patients with COPD. Despite the exercise highlight the asynchrony in relation to rest, lower-limb endurance training program positively influence thoracoabdominal motion promoting significant decrease on asynchrony during exercise in patients with COPD. The behavior of asynchronous TAM variables was not the same for both participants. This difference can be the result of individual differences as distinct dynamic hyperinflation patterns reported in literature.

## Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

“A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é caracterizada por limitação crônica ao fluxo aéreo que não é completamente reversível. Essa limitação é usualmente progressiva e associada a uma resposta inflamatória anormal dos pulmões à inalação de partículas ou gases tóxicos”<sup>1,2</sup>. A GOLD - *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*<sup>1</sup> ressalta o caráter preventivo e tratável dessa entidade clínica, assim como os importantes efeitos extrapulmonares determinados pela DPOC.

A DPOC é considerada uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo. A doença ocasiona prejuízos para o paciente e para a sociedade, resultando em um substancial impacto social e econômico<sup>1</sup>. A prevalência, mortalidade e morbidade da DPOC são variadas nos diferentes países. No Brasil, a prevalência da DPOC foi estimada em 12% em maiores de 40 anos, e essa entidade clínica foi considerada a quinta maior causa de internação no sistema público de saúde no ano de 2003<sup>2</sup>.

A limitação crônica ao fluxo aéreo característica da DPOC é determinada pela contribuição de dois fatores, bronquiolite obstrutiva das pequenas vias aéreas e destruição do parênquima pulmonar. A inflamação crônica leva a alterações estruturais e estreitamento das pequenas vias aéreas; enquanto a destruição do parênquima determina prejuízo da troca gasosa alveolar e diminuição do recolhimento elástico pulmonar<sup>1</sup>. Essas alterações patofisiológicas pulmonares que ocorrem progressivamente nos pacientes com DPOC alteram a capacidade das vias aéreas de permanecerem abertas durante a expiração, resultando em hiperinsuflação pulmonar<sup>1,3</sup>.

Acredita-se que hiperinsuflação se desenvolve no início da doença, reduz a capacidade inspiratória e aumenta a capacidade residual funcional, particularmente durante a realização de exercício, quando essa anormalidade é conhecida como hiperinsuflação dinâmica<sup>1</sup>. Essa hiperinsuflação tem sido considerada a principal responsável pela dispnéia durante o esforço<sup>1,4</sup>, além de estar relacionada à limitação da capacidade do exercício<sup>1</sup>.

A hiperinsuflação pulmonar afeta claramente a interação entre os músculos respiratórios nos pacientes com DPOC<sup>5,6</sup>. As alterações mecânicas induzidas pela hiperinsuflação comprometem a força<sup>7</sup> e a *endurance*<sup>8</sup> dos músculos respiratórios, particularmente do diafragma<sup>5,6,3,9</sup>, impondo uma sobrecarga a musculatura respiratória<sup>10,11,6,3,4</sup>. A hiperinsuflação dinâmica ressalta a desvantagem mecânica dos músculos respiratórios, aumentando a sobrecarga dessa musculatura durante a realização de exercício<sup>10,11,6,3</sup>.

Além das alterações pulmonares, a DPOC também é caracterizada por determinar importantes efeitos sistêmicos<sup>1,3</sup>, dentre os quais pode-se destacar a disfunção cardíaca e a disfunção da musculatura esquelética<sup>3</sup>. O sistema cardiovascular é afetado de formas distintas, entretanto, a alteração mais importante é causada pelo aumento da pós-carga do ventrículo direito imposta pelo aumento da resistência vascular pulmonar, a qual pode resultar em insuficiência ventricular direita. A hiperinsuflação dinâmica e o conseqüente aumento da pressão atrial direita podem ressaltar o comprometimento cardíaco durante o exercício<sup>3</sup>.

A disfunção da musculatura esquelética presente nos pacientes com DPOC pode ser atribuída à alteração na proporção e no número de fibras, menor capilarização e menor quantidade de enzimas oxidativas<sup>12,3</sup>, os quais podem ser

decorrentes do sedentarismo, inflamação sistêmica, estresse oxidativo, uso de corticóides e redução da massa magra, dentre outros<sup>12,3</sup>.

A intolerância ao exercício é considerada um dos sinais mais preocupantes da DPOC<sup>13</sup>, além de ser um dos principais fatores que limitam as atividades de vida diária em pacientes com doenças respiratórias crônicas<sup>3</sup>. Os sintomas primordiais que limitam o exercício nos pacientes com DPOC são a dispnéia e a fadiga dos músculos periféricos<sup>3,13</sup>, as quais podem resultar da disfunção ventilatória, anormalidades na troca gasosa, disfunção da musculatura respiratória, disfunção da musculatura esquelética, disfunção cardíaca ou qualquer combinação desses fatores<sup>3</sup>.

A dispnéia e a limitação da capacidade de exercício formam um ciclo vicioso com conseqüências sociais e psicossociais para os pacientes com DPOC. A dispnéia limita a capacidade de exercício determinando imobilidade e sedentarismo. Como conseqüência, pode haver isolamento social e depressão. Estes, por sua vez, potencializam a imobilidade e sedentarismo, o que limita ainda mais a capacidade de exercício e aumenta a dispnéia durante a realização de atividade física<sup>1</sup>.

Outro importante sinal da DPOC, relacionado ao grau da doença, e ainda pouco explorado, especialmente no que diz respeito às respostas aos tratamentos, é a presença de movimento toracoabdominal (MTA) assincrônico durante o ciclo respiratório<sup>14,15,16,17,1,18</sup>.

## **1.2 Assincronia Toracoabdominal**

O movimento respiratório normal que promove o ciclo respiratório é constituído pela expansão e retração da caixa torácica (CT) e do abdome (AB) de modo sincrônico<sup>19,20</sup>. Durante a inspiração, a CT tem seus diâmetros ântero-

posterior e látero-lateral aumentados<sup>21</sup>. Simultaneamente, o compartimento abdominal é conduzido para baixo e para frente, como consequência do movimento diafragmático<sup>21,22</sup>. O reverso ocorre durante a expiração tranqüila, fazendo com que CT e AB retornem ao seu formato original<sup>21</sup>.

Quando os deslocamentos entre CT e AB deixam de ser harmônicos, o MTA torna-se assincrônico<sup>23,24,20</sup>. A literatura descreve duas categorias de MTA assincrônico: a assincronia, que reflete uma diferença no tempo de expansão ou retração entre compartimentos torácico e abdominal, e o movimento paradoxal, que consiste de movimentação oposta entre CT e AB, também relatado como assincronia completa<sup>25,26,24,20</sup>.

A avaliação funcional da sincronia do MTA tem sido descrita como um importante teste para avaliar a função respiratória<sup>25,27</sup>. O método mais amplamente utilizado para avaliar o MTA é a pletismografia respiratória por indutância (PRI), embora magnetômetros e sistemas eletrônicos também sejam usados<sup>28,29</sup>. A PRI é um método preciso e não invasivo, que capta alterações na área de secção transversa da CT e do AB<sup>28,29,30,31,32</sup> e pode ser utilizado para quantificar a assincronia toracoabdominal<sup>28,29,20</sup>.

Um dos índices de assincronia toracoabdominal mais freqüentemente descritos é o ângulo de fase (PhAng), que pode variar entre 0°, refletindo sincronia perfeita, e 180°, caracterizando o movimento paradoxal<sup>25,33,34,35,23,36,37,38,39,26,40,24,20,41</sup>. O cálculo do PhAng é realizado por meio de dados extraídos da curva Konno-Mead<sup>29,34,36,37,42,24,20</sup>. Cabe ressaltar que para o cálculo do PhAng os ciclos respiratórios apresentando curva Konno-Mead com “figura em 8” devem ser descartados da análise<sup>29</sup>, entretanto esse cuidado é pouco relatado na literatura<sup>36,39,26</sup>.

Em indivíduos saudáveis o MTA assincrônico é pouco observado<sup>34,36,24,19,20</sup>. Por outro lado, a assincronia é observada em diferentes situações clínicas, dentre as quais se destacam a limitação ao fluxo aéreo<sup>25,26,40</sup>, sobrecarga do sistema respiratório<sup>20</sup>, e DPOC<sup>14,34,15,43,16,17,44,24,18,45</sup>.

A literatura apresenta estudos que avaliaram o MTA assincrônico em diferentes situações clínicas. O aumento da assincronia toracoabdominal pode ser gerado pela limitação ao fluxo aéreo<sup>25,26,40</sup>. Allen *et al.*<sup>25</sup> avaliaram 13 lactentes, todos diagnosticados com obstrução das vias aéreas inferiores, com o objetivo de comparar o MTA assincrônico e a mecânica pulmonar (resistência pulmonar, complacência dinâmica e elastância) antes e após a administração de broncodilatador. Os autores observaram valores elevados de assincronia toracoabdominal ( $\text{PhAng} = 67 \pm 11^\circ$ ) antes do uso do broncodilatador. A administração do medicamento promoveu uma resposta heterogênea, variando entre pequeno aumento e diminuição de quase 50% da resistência pulmonar. O MTA assincrônico diminuiu nos lactentes que apresentaram diminuição da resistência pulmonar após a broncodilatação. Foi observada correlação significativa de magnitude moderada entre a porcentagem de alteração do MTA e a porcentagem de mudança da mecânica pulmonar. Os resultados sugerem que a quantificação do MTA assincrônico pode ser um indicador útil da função pulmonar de lactentes, refletindo as modificações da mecânica pulmonar induzidas pela administração de broncodilatador.

Rusconi *et al.*<sup>40</sup> avaliaram 15 lactentes com o objetivo de comparar o MTA antes e após a indução de limitação ao fluxo aéreo por inalação de broncoconstritor. Foi observado aumento significativo do PhAng ( $7,5 \pm 3,3^\circ \times 8,4 \pm 10,1^\circ$ ) após o uso da medicação. Os resultados sugerem que a quantificação das variáveis do MTA

assincrônico pode ajudar a entender o processo patofisiológico que determina a limitação ao fluxo aéreo, fornecendo um caminho útil para avaliar essa limitação aguda em lactentes.

Outro fator que pode influenciar a sincronia entre CT e AB é o nível de sobrecarga respiratória. Tobin *et al.*<sup>20</sup> avaliaram o MTA em 12 indivíduos saudáveis, com o objetivo de comparar o aumento da carga imposta ao sistema respiratório e a fadiga da musculatura respiratória. Foram realizados dois experimentos: 1) Os indivíduos respiraram espontaneamente por cinco minutos. Posteriormente foram orientados a respirarem, por 15 minutos, com o uso de equipamento que determinava uma carga correspondente a 30% da pressão inspiratória máxima (P<sub>I</sub>máx) do indivíduo. Após um novo período de respiração espontânea de cinco minutos, os indivíduos repetiram o procedimento com carga correspondente a 60% da P<sub>I</sub>máx. 2) Após respiração espontânea por cinco minutos, os indivíduos foram orientados a respirarem o maior tempo possível (até o limite da tolerância) com o uso de equipamento que determinava uma carga correspondente a 60% da P<sub>I</sub>máx do indivíduo. Esse segundo experimento teve o objetivo de alcançar a fadiga da musculatura respiratória. No experimento 1 foi observado aumento significativo do PhAng de  $9,6 \pm 1,4^\circ$ , durante respiração espontânea para  $24,5 \pm 4,8^\circ$  e  $55,0 \pm 11,4^\circ$  durante respiração com sustentação de 30 e 60% da P<sub>I</sub>máx, respectivamente. No experimento 2, foi observado aumento significativo do PhAng entre respiração espontânea e primeiro minuto de sustentação de 60% da P<sub>I</sub>máx ( $8,0 \pm 1,5^\circ$  x  $58,1 \pm 23,6^\circ$ ). Entretanto não houve diferença significativa do PhAng entre o primeiro e último minuto ( $70,9 \pm 19,3^\circ$ ) de sustentação de 60% da P<sub>I</sub>máx. Os autores sugeriram que a alteração nos índices de MTA foi decorrente do aumento da carga imposta ao sistema respiratório, e não da fadiga dos músculos respiratórios. Segundo os

autores, o aumento da assincronia toracoabdominal conseqüente ao aumento da carga imposta ao sistema respiratório pode ser determinado por uma contração ineficaz do diafragma que, com a pressão negativa gerada pela contração dos demais músculos inspiratórios, se movimenta para dentro durante a inspiração.

Independente da metodologia empregada para avaliar o movimento respiratório, a literatura descreve a presença da assincronia toracoabdominal em pacientes com DPOC em diferentes situações clínicas<sup>33,14,34,15,46,43,16,17,44,47,24,45</sup>. Em 1920, Hoover<sup>47</sup> foi o primeiro autor a descrever a presença de movimento respiratório assincrônico em pacientes com DPOC, a qual foi identificada como uma movimentação para dentro da CT inferior durante a inspiração. A partir dessa data, diferentes estudos foram desenvolvidos com o intuito de avaliar o MTA de pacientes com DPOC.

Ao comparar o MTA de pacientes com DPOC e indivíduos saudáveis, durante o repouso<sup>24,34</sup> e exercício<sup>43</sup>, foi observado maior assincronia toracoabdominal nos pacientes com DPOC. Sackner *et al.*<sup>24</sup> realizaram dois experimentos durante o repouso. No experimento 1 foram avaliados sete indivíduos saudáveis e sete pacientes com DPOC com média do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>) de  $52 \pm 20\%$  do previsto. Os indivíduos foram orientados a respirarem de forma espontânea, abdominal e torácica, na posição supina. Foi observado, durante respiração espontânea, PhAng de  $9,4 \pm 5,6^\circ$  em indivíduos saudáveis e  $14,6 \pm 3,1^\circ$  em pacientes com DPOC. A comparação entre respiração espontânea e respiração voluntária mostrou aumento significativo do PhAng apenas durante respiração abdominal em pacientes com DPOC. No experimento 2 foram avaliados 10 indivíduos saudáveis e 10 pacientes com DPOC, com média do VEF<sub>1</sub> de  $53 \pm 18\%$  do previsto, durante respiração espontânea, nas posições supina e  $60^\circ$  de inclinação

da cabeceira. Em relação aos indivíduos saudáveis, foi observado PhAng significativamente maior em pacientes com DPOC ( $9,8 \pm 5,1^\circ \times 31,9 \pm 24,7^\circ$ , respectivamente) tanto na posição supina, quanto com  $60^\circ$  de inclinação da cabeceira, sem diferença significativa do PhAng entre as posições no mesmo grupo de indivíduos.

Bloch *et al.*<sup>34</sup> estudaram os efeitos da cirurgia de redução de volume pulmonar em pacientes com enfisema pulmonar grave durante o repouso. O MTA foi avaliado em 19 pacientes com DPOC ( $VEF_1 < 35\%$  do previsto) antes e após a cirurgia (1,5 a 7 meses) e em 11 indivíduos saudáveis. Todos foram avaliados durante respiração espontânea, nas posições supino e  $60^\circ$  de inclinação da cabeceira. Após a cirurgia de redução de volume pulmonar, os pacientes com DPOC apresentaram redução significativa dos valores de PhAng tanto na posição supina ( $44 \pm 20^\circ \times 37 \pm 26^\circ$ ), como em  $60^\circ$  de inclinação da cabeceira ( $76 \pm 53^\circ \times 35 \pm 27^\circ$ ). Em relação aos indivíduos saudáveis, pacientes com DPOC antes da cirurgia apresentaram valores significativamente maiores de PhAng em ambas as posições supino ( $8 \pm 4^\circ \times 44 \pm 20^\circ$ ) e  $60^\circ$  de inclinação da cabeceira ( $8 \pm 3^\circ \times 76 \pm 53^\circ$ ). Nas comparações entre as posições, pacientes com DPOC antes da cirurgia apresentaram valores de PhAng significativamente maiores durante o posicionamento de  $60^\circ$  de inclinação da cabeceira. Entretanto, indivíduos saudáveis e pacientes com DPOC após a cirurgia não apresentaram diferenças significativas nos valores de MTA entre os posicionamentos

Delgado *et al.*<sup>43</sup> realizaram um estudo observacional, no qual o MTA de 40 pacientes com DPOC e 10 indivíduos saudáveis foram avaliados durante realização de exercício progressivo em esteira. Os autores observaram que indivíduos saudáveis apresentam MTA sincrônico em mais de 75% dos ciclos respiratórios nos

graus de exercício leve e moderado. Entretanto, foi observada assincronia em alguns ciclos durante o exercício máximo nos indivíduos saudáveis. Os pacientes com DPOC apresentaram média da razão entre VEF<sub>1</sub> e capacidade vital forçada – CVF (VEF<sub>1</sub>/CVF) de 42% do previsto e foram separados em grupos de acordo com MTA predominante durante o exercício, o qual variou entre o semelhante aos indivíduos saudáveis e movimento paradoxal. Alguns pacientes com DPOC apresentaram progressão da assincronia do MTA ao longo do exercício. Os autores sugeriram que a coordenação toracoabdominal é relacionada às anormalidades pulmonares subjacentes, e que o maior grau de MTA assincrônico é associado à limitação importante ao exercício.

A realização de exercício pode potencializar a assincronia toracoabdominal de pacientes com DPOC<sup>33</sup>. Alves<sup>33</sup> avaliou o MTA de 22 pacientes com DPOC moderada a grave (média do VEF<sub>1</sub> de 42,6 ± 13,5% e VEF<sub>1</sub>/CVF de 43,1 ± 9,6% do previsto) durante o repouso e três níveis de exercício progressivo (30-50%, 70-80% e 100% da maior carga atingida) realizado em cicloergômetro. De acordo com a progressão do exercício foi observado aumento do PhAng, o qual variou entre 11,95 ± 7,24° durante repouso e 22,30 ± 8,74° durante o exercício máximo. Em relação ao repouso, todos os níveis de exercício apresentaram valores significativamente maiores de PhAng.

A presença de assincronia toracoabdominal em pacientes com DPOC foi associada à maior gravidade da doença, aumento do risco de falência ventilatória e pior prognóstico<sup>14,15,16,17,18</sup>. Sharp *et al.*<sup>18</sup> estudaram o MTA de 30 pacientes com DPOC, 20 apresentando estabilidade clínica e 10 em falência respiratória aguda. Foi observado MTA assincrônico em 5 pacientes estáveis e em 8 com falência respiratória aguda.

Garcia-Pachon e Padilla-Navas<sup>16</sup> avaliaram a frequência do sinal de Hoover por meio de exame físico em 150 pacientes com DPOC ( $VEF_1/CVF < 70\%$  do previsto) estável. Os autores não detectaram a presença desse sinal em pacientes com DPOC leve, entretanto, foi observado movimento respiratório assíncronico em 36%, 43% e 76% de pacientes com DPOC moderado, grave e muito grave, respectivamente.

Ashutosh *et al.*<sup>14</sup> estudaram a correlação entre o MTA assíncronico e o prognóstico de pacientes com DPOC. Magnetômetros foram utilizados para avaliar o MTA de 30 pacientes com DPOC e 10 indivíduos saudáveis. Todos os indivíduos saudáveis e 17 pacientes com DPOC apresentaram movimento respiratório sincrônico. Nos 13 pacientes com DPOC que apresentaram MTA assíncronicos, foram observadas pior mecânica ventilatória, maior dependência de ventilação mecânica e maior taxa de mortalidade em um período de 10 meses.

Gilbert *et al.*<sup>17</sup> avaliaram a influência do MTA em prever o sucesso ou falência da oxigenoterapia. Foram estudados 32 pacientes com DPOC, durante 36 episódios de falência respiratória aguda. O movimento respiratório foi avaliado durante as primeiras 24 horas de admissão hospitalar. Inicialmente todos os pacientes foram tratados com oxigenoterapia controlada. O MTA forneceu o prognóstico correto em 77% dos episódios, sendo observada maior requisição de intubação e/ou maior número de mortes nos pacientes com assincronia toracoabdominal.

Os mecanismos que determinam o MTA assíncronico em pacientes com DPOC não foram completamente elucidados<sup>48</sup>. Como descrito acima, tanto a limitação ao fluxo aéreo como a sobrecarga imposta ao sistema respiratório, ambos presentes na DPOC, podem propiciar o MTA assíncronico. Entretanto, a assincronia

e o movimento paradoxal observados nesses pacientes têm sido relacionados particularmente à disfunção dos músculos respiratórios<sup>34,24,18,44</sup>.

Sackner *et al.*<sup>24</sup> relataram que a maior assincronia observada nos paciente com DPOC poderia ser secundária à disfunção dos músculos respiratórios causada pelo aplainamento do diafragma. Bhoch *et al.*<sup>34</sup> associaram os menores índices de assincronia após cirurgia de redução do volume pulmonar à redução da carga inspiratória e maior capacidade diafragmática de gerar força após a cirurgia. Sharp *et al.*<sup>18</sup> sugeriram que a assincronia e movimento paradoxal encontrados nos pacientes com DPOC foram conseqüentes da disfunção dos músculos respiratórios, particularmente do diafragma, já que esses pacientes apresentaram MTA semelhante ao movimento respiratório observado em quadriplégicos com paralisia diafragmática.

Gilmartin e Gibson<sup>44</sup> estudaram os mecanismos determinantes do MTA assincrônico em 13 pacientes com DPOC (VEF<sub>1</sub> entre 9 e 46% do previsto). Os autores identificaram dois padrões distintos de movimento respiratório assincrônico durante o repouso: movimentação para dentro da CT inferior durante a inspiração (Sinal de Hoover) e movimento para dentro do esterno durante o início da inspiração. O sinal de Hoover, observado em 11 pacientes, foi associado ao aplainamento do diafragma. Já o movimento do esterno foi observado em cinco pacientes e relacionado ao relaxamento dos músculos abdominais que estavam contraindo na expiração precedente.

A disfunção dos músculos respiratórios associada ao MTA dos indivíduos com DPOC pode ser determinada pela hiperinsuflação pulmonar e potencializada pela hiperinsuflação dinâmica. Esta tem sido considerada a principal responsável pela dispnéia durante o esforço<sup>1,4</sup>, além de estar relacionada à limitação da capacidade

do exercício<sup>1</sup>. Como descrito anteriormente, a dispnéia e a limitação da capacidade de exercício formam um ciclo vicioso com conseqüências sociais e psicossociais para os pacientes com DPOC<sup>1</sup>. A reabilitação pulmonar, programa multiprofissional de cuidados a pacientes com doença respiratória crônica<sup>1,2</sup>, tem o potencial de interromper esse ciclo<sup>1</sup> determinado redução da dispnéia durante esforço e maior capacidade de realizar exercício<sup>2</sup>.

### **1.3 Treinamento de *Endurance* dos Membros Inferiores**

Reabilitação pulmonar é um programa multiprofissional de cuidados a pacientes com alteração respiratória crônica que engloba o estabelecimento do diagnóstico preciso da doença primária e de co-morbidades, tratamento farmacológico, nutricional e fisioterápico, apoio psicossocial e educação. Este programa é adaptado às necessidades individuais e tem o objetivo de otimizar a autonomia, o desempenho físico e social<sup>1,2</sup>. Os programas de reabilitação pulmonar têm o potencial de interromper o ciclo vicioso formado pela dispnéia e limitação da capacidade de exercício que determinam conseqüências sociais e psicossociais para os pacientes com DPOC<sup>1</sup>.

Um componente essencial dos programas de reabilitação pulmonar é o treinamento físico, modalidade amplamente empregada no tratamento dos pacientes com DPOC<sup>3,13</sup>. Esse componente é associado a efeitos positivos na função cardiovascular e na função da musculatura esquelética. A melhora da função dos músculos periféricos resulta em ganhos na capacidade de exercício, apesar de não promover alterações na função pulmonar. Entretanto, a melhor capacidade oxidativa e eficiência dos músculos esqueléticos determinam uma menor ventilação alveolar

para uma dada carga de trabalho, o que pode reduzir a hiperinsuflação dinâmica e, conseqüentemente, a dispnéia durante o esforço<sup>3</sup>.

Não há na literatura um consenso sobre os parâmetros ideais dos programas de treinamento físico<sup>49,50,1,3</sup> e aspectos como frequência, intensidade e duração não foram completamente elucidados<sup>1,3</sup>. Os pacientes devem realizar o treinamento físico no mínimo três vezes por semana, com supervisão regular das sessões de exercício para potencializar os benefícios fisiológicos<sup>3,51</sup>. Entretanto, ainda não foi determinado o número de sessões semanais que devem ser supervisionadas<sup>3</sup>. Quanto à intensidade, embora níveis baixos possam promover efeitos positivos, intensidades altas determinam efeitos fisiológicos superiores<sup>1,3,2</sup>. Entretanto, o exercício de baixa intensidade pode estar associado a uma maior aderência a longo prazo, a qual tem o potencial de prolongar os benefícios dos programas de treinamento físico<sup>2</sup>.

Em relação à duração do programa, a extensão mínima considerada efetiva é de seis semanas, entretanto, são esperados resultados melhores com uma maior duração do programa<sup>1</sup>. Recentemente o nosso grupo de pesquisa desenvolveu um estudo experimental de caso único com objetivo de identificar o tempo mínimo necessário para que ocorram ganhos significativos na capacidade de exercício e em quanto tempo eles se estabilizam. Um paciente com DPOC foi avaliado durante uma fase de *baseline* e uma fase de intervenção, na qual foi realizado um programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores (MMII) com duração de 12 semanas. De acordo com a análise dos dados, alterações positivas em variáveis importantes relacionadas à capacidade de exercício se iniciaram após quatro semanas de intervenção e mostraram-se progressivas, sem estabilização das mesmas, até o final do programa de treinamento de 12 semanas<sup>52</sup>.

O treinamento de *endurance* dos MMII, na forma de exercícios em esteira ou cicloergômetro, é a modalidade de treinamento físico mais comumente empregada nos programas de reabilitação pulmonar<sup>49,3</sup>. Essa modalidade de treinamento determina aumento da capacidade de exercício e redução de sintomas como dispnéia e fadiga<sup>2</sup>. Diferentes diretrizes sobre reabilitação pulmonar recomendam a inclusão do treinamento de *endurance* dos MMII de acordo com resultados observados em grande número de ensaios clínicos controlados, caracterizando nível de evidencia A<sup>3,1,49,50,53</sup>.

A literatura descreve importantes efeitos positivos do treinamento de *endurance* dos MMII em pacientes com DPOC, dentre os quais se destacam a melhora significativa da qualidade de vida relacionada à saúde<sup>54,55,56,57,49</sup>, da capacidade de realizar exercício<sup>54,58,55,59,56,60,61,57,49</sup>, da eficiência ventilatória para uma dada carga de trabalho<sup>57,61,60,56,58,54</sup> e diminuição da hiperinsuflação dinâmica<sup>60,58</sup>. No entanto, de acordo com pesquisa bibliográfica realizada, não foram encontrados estudos avaliando a influência de programas de treinamento de *endurance* dos MMII sobre o MTA de pacientes com DPOC.

#### 1.4 Justificativa

A DPOC promove alterações pulmonares e sistêmicas que determinam dispnéia, limitação da capacidade de exercício. Um importante sinal da DPOC é a presença de MTA assincrônico, o qual é relacionado a maior gravidade da doença, ao aumento do risco de falência ventilatória e pior prognóstico. Os mecanismos que determinam o movimento respiratório assincrônico nos indivíduos com DPOC não foram completamente elucidados, entretanto esse sinal tem sido relacionado à

disfunção dos músculos respiratórios, que contribui para a limitação da capacidade de exercício.

O treinamento de *endurance* dos MMII é o componente da reabilitação pulmonar mais comumente empregado por fisioterapeutas para o tratamento de indivíduos com DPOC. Esse componente é associado a diferentes efeitos positivos, dentre os quais destacam a melhora da capacidade de realizar exercício e da qualidade de vida relacionada à saúde. Entretanto, até a presente data, não foram encontrados na literatura estudos sobre a resposta do MTA de pacientes com DPOC frente a programas de treinamento de *endurance* dos MMII.

Diante do exposto, justifica-se o desenvolvimento de um estudo para avaliar as repercussões de um programa de treinamento de *endurance* dos MMII sobre o comportamento do MTA em indivíduos com DPOC.

### **1.5 Objetivos do Estudo**

O objetivo do presente estudo foi analisar as repercussões de um programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores sobre as variáveis do movimento toracoabdominal durante o exercício em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. Secundariamente, foi realizada comparação do movimento toracoabdominal durante o repouso e o exercício.

## **Capítulo 2 – MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Delineamento**

Estudo experimental de caso único A-B, o qual consiste na realização de medidas repetidas da variável dependente em uma fase de *baseline*, convencionalmente representada pela letra (A) e uma fase de intervenção, convencionalmente representada pela letra (B). A avaliação do comportamento alvo deve ser realizada em intervalos freqüentes ao longo do tempo, e uma estabilidade de resposta do comportamento alvo deve ser atingida antes que a fase de intervenção seja iniciada<sup>62</sup>.

### **2.2 Local de Realização**

O estudo foi realizado no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) do Departamento de Fisioterapia, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

### **2.3 Amostra**

#### *2.3.1 Participantes*

Os estudos experimentais de caso único usualmente utilizam um ou poucos sujeitos. O número de participantes incluídos nestes estudos é, de alguma forma, arbitrário e pode variar amplamente de acordo com o objetivo do estudo<sup>63</sup>, dispensando a realização de cálculo amostral.

A amostragem foi por conveniência. Três voluntários com DPOC foram recrutados no Ambulatório de DPOC do Serviço Especial de Diagnóstico e Tratamento de Pneumologia e Cirurgia Torácica do Hospital das Clínicas da UFMG.

Os participantes do estudo foram indivíduos selecionados a partir dos seguintes critérios:

### 2.3.2 Critérios de Inclusão

- Apresentar diagnóstico de DPOC moderada ou grave confirmado por prova de função pulmonar:  $VEF_1/CVF$  inferior a 0,70 e  $50\% \leq VEF_1 < 80\%$  do valor previsto pós prova broncodilatadora para DPOC moderada ou  $30\% \leq VEF_1 < 50\%$  do valor previsto pós prova broncodilatadora para DPOC grave<sup>1</sup>. Além disso, o participante deveria apresentar prova broncodilatadora negativa, definida como aumento do  $VEF_1$  inferior a 12% e menor que 200 ml<sup>64</sup>;
- Apresentar idade entre 60 e 75 anos;
- Apresentar índice de massa corporal (IMC) entre 18,5 e 24,9 Kg/m<sup>2</sup> <sup>65</sup>;
- Ter abandonado o hábito de fumar por no mínimo três meses<sup>56</sup>;
- Estar em acompanhamento clínico regular e apresentar estabilidade clínica (sem hospitalização ou exacerbação do quadro por no mínimo dois meses)<sup>66</sup>;
- Não apresentar doenças respiratórias associadas, como asma, bronquiectasia, tuberculose pulmonar, e metabólicas, como diabetes mellitus e insuficiência renal;
- Não apresentar condições que possam determinar riscos durante a realização dos testes ou do programa de treinamento como infarto agudo do miocárdio, arritmias não controladas e hipertensão arterial grave não tratada<sup>3</sup>. Todas essas condições foram asseguradas pelo pneumologista responsável pelo encaminhamento do paciente;

- Não apresentar condições que pudessem interferir na realização dos testes ou do programa de treinamento, como desordens musculares e ortopédicas<sup>49,50</sup>;
- Não realizar atividade física de intensidade moderada por no mínimo 30 minutos na maioria dos dias da semana<sup>67</sup>, incluindo programas de reabilitação;
- Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### 2.3.3 Critérios de Exclusão

- Apresentar frequência no programa de treinamento físico inferior a 80%, sendo a adesão definida pelo número de sessões que o paciente compareceu dividido pelo número de sessões prescritas, e expressa em porcentagem<sup>68</sup>;
- Ser incapaz de compreender ou de realizar algum dos procedimentos;
- Apresentar alteração nos critérios de inclusão ao longo do estudo.

## 2.4 Aspectos Éticos

O projeto intitulado “Efeitos de um programa de treinamento de *endurance* em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica: um estudo experimental de caso único” foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (Parecer nº. ETIC 0401/06) (Anexo 1).

Os participantes do estudo foram informados e instruídos quanto aos procedimentos, sendo que esses foram realizados somente após a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido.

## 2.5 Instrumentos de Medida

### 2.5.1 Pletismografia Respiratória por Indutância

O sistema de PRI (*Respirace®*, Nims, Miami, FL, USA) foi utilizado para avaliar o MTA durante a realização dos testes e está ilustrado na Figura 1A. Esse sistema consiste de um método não-invasivo que requer pouco esforço por parte do indivíduo. A PRI é um instrumento amplamente utilizado desde sua introdução há mais de 15 anos atrás<sup>28</sup> e é fundamentado no princípio proposto por Konno e Mead<sup>69</sup> que sugeriram que a mudança de volume da parede torácica poderia ser avaliada pela mensuração dos deslocamentos das superfícies dos compartimentos torácico e abdominal.

A acurácia da PRI foi avaliada em indivíduos saudáveis ou com doenças distintas, durante o repouso ou exercício<sup>32,31,70,30,71</sup>. Clarenbach *et al.*<sup>30</sup>, avaliaram a acurácia de um sistema portátil de PRI em 31 indivíduos, sendo 20 saudáveis, seis com DPOC e 5 com insuficiência cardíaca congestiva. Os indivíduos realizaram exercício progressivo em esteira até a exaustão e um pneumotacógrafo acoplado a um bocal foi utilizado como método de referência. Foram comparados, por meio da PRI e pneumotacógrafo, 20 ciclos respiratórios de cada indivíduo durante quatro intensidades de exercício: leve, intermediário, submáximo e máximo. Não foram observadas diferenças significativas entre o volume corrente, tempo total do ciclo respiratório e ventilação minuto, sugerindo concordância entre os equipamentos.

As medidas da PRI são baseadas nas mudanças na área de secção transversa da parede torácica captadas por duas faixas de indutância<sup>72</sup> (Figura 1B). Cada faixa é composta por duas partes elásticas finas e aderidas que envolvem um fio transdutor disposto de forma sinusoidal envolvido por material plástico. Uma das faixas é posicionada na axila e a outra horizontalmente na linha umbilical. As faixas

são levemente esticadas em torno do indivíduo para assegurar um ajuste firme para minimizar a distorção do sinal, sem, no entanto, limitar o movimento da parede torácica ou causar desconforto<sup>36</sup>.

Para aquisição dos dados, as faixas são conectadas por meio de cabos ao equipamento. Na tela do computador (Figura 2) podem ser visualizados três traçados, sendo um correspondente ao deslocamento da caixa torácica, outro do abdome e outro que é a soma desses sinais e corresponde ao volume corrente. Além dos traçados, podem ser observadas as curvas Konno-Mead na porção inferior esquerda da tela.

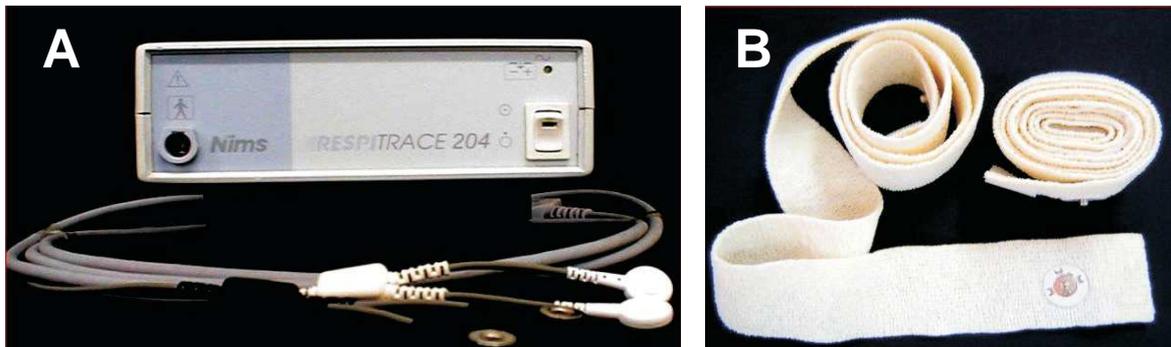


FIGURA 1 – A: Equipamento utilizado para pletismografia respiratória por indutância (*Respitrace®204, Nims, Miami, FL, USA*). B: Faixas de indutância para registro das variáveis coletadas por meio da pletismografia respiratória por indutância.

As curvas Konno-Mead representam o movimento do AB e da CT do ciclo respiratório plotado em um traçado X-Y (Figura 3). Dados extraídos dessa curva são utilizados para o cálculo de índices de assincronia do MTA como o PhAng, Índice de Assincronia Inspiratório e Índice de Assincronia Expiratório<sup>24</sup>, entretanto a presença de curvas não elípticas como “figuras em 8” ou outras alterações no formato pode prejudicar a mensuração desses índices<sup>39,26,36,29,25</sup>.

Para curvas com PhAng maior que  $20^\circ$  a direção da curva pode ser identificada e utilizada para verificar qual compartimento inicia o ciclo respiratório. O sentido horário indica que a CT precede o AB, já no sentido anti-horário, o AB precede a CT<sup>25,35,39,26,40</sup>.

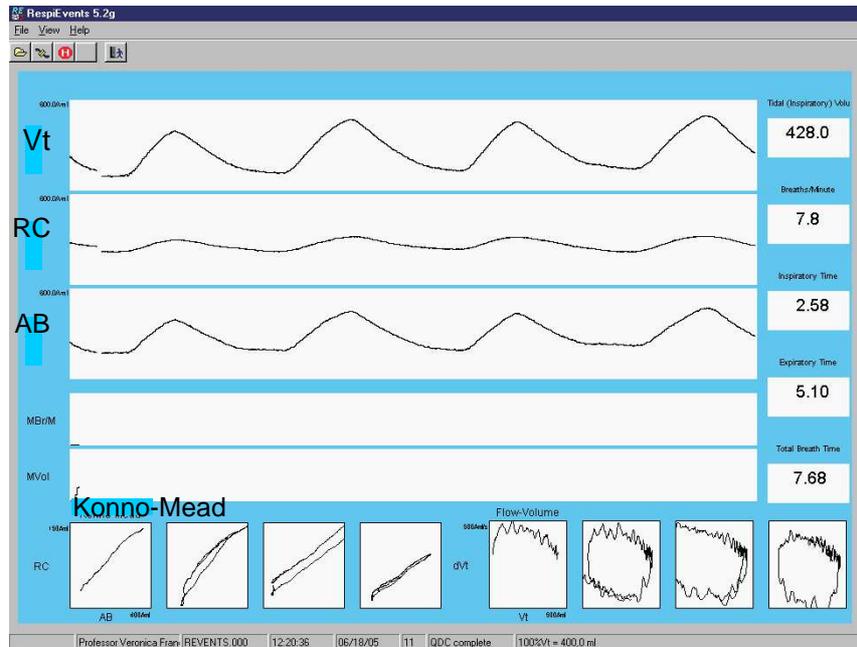


FIGURA 2 – Exemplo de traçado obtido durante o registro dos dados por meio da pletismografia respiratória por indutância. As siglas em inglês *Vt*, *RC* e *AB* correspondem a *tidal volume* (volume corrente), *rib cage* (caixa torácica) e *abdomen* (abdome), respectivamente. Na porção inferior esquerda da tela podem ser visualizadas as curvas Konno-Mead.

Durante as coletas de dados da PRI, a calibração do equipamento foi realizada por meio de um procedimento específico (*Qualitative Diagnostic Calibration*), o qual permite que os ganhos elétricos dos canais relativos à CT (correspondente a RC) e AB sejam equilibrados<sup>73,42,74</sup>. Esse sistema possibilita que os sinais da CT, do AB e a soma dos dois sejam visualizados em tempo real e

gravados no computador. Os registros podem ser convertidos em arquivos, nos quais os dados correspondem às variáveis calculadas a cada ciclo respiratório<sup>42</sup>.

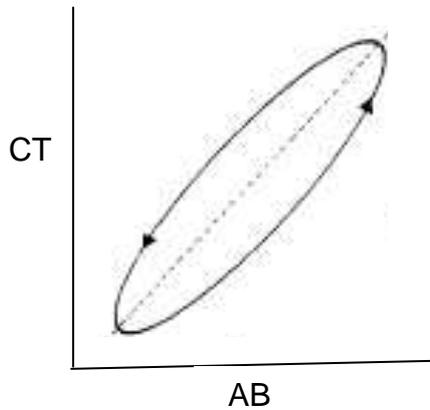


FIGURA 3 – Curva Konno-Mead. O sentido anti-horário indica que o movimento do AB precede a CT no início da inspiração.

### 2.5.2 Cicloergômetro

O cicloergômetro (*Ergo Cycle167, Pirmasens, Germany* – Figura 4) foi utilizado para realização dos testes, para obtenção da variável carga de trabalho, fornecida em watts, assim como recurso para o treinamento de *endurance*.



FIGURA 4 – Cicloergômetro (*Ergo Cycle167, Pirmasens, Germany*).

### 2.5.3 Oxímetro de Pulso

A oximetria de pulso foi utilizada para monitorar de forma contínua e não invasiva a saturação periférica da hemoglobina em oxigênio ( $SpO_2$ ) durante a realização dos testes (*Mediaid Model 340, Cerritos, CA, USA* - Figura 5 A) e durante

o programa de treinamento de *endurance* (*Datex-Ohmeda, Louisville, CO, USA* - Figura 5 B).

Em relação à acurácia da medida, existe uma variação de até 3% em indivíduos saudáveis com saturação da hemoglobina em oxigênio no sangue arterial acima de 90%<sup>75</sup>. Uma correlação de alta magnitude ( $r=0.98$ ,  $p<0.0001$ ) foi demonstrada entre a saturação de oxigênio da hemoglobina medida por meio da gasometria arterial, procedimento considerado padrão ouro, e da oximetria de pulso em indivíduos saudáveis apresentando saturação da hemoglobina em oxigênio no sangue arterial entre 70% e 100%<sup>76</sup>.

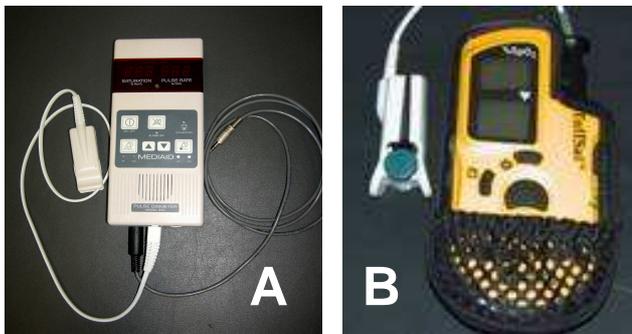


FIGURA 5 – A: Oxímetro de pulso (*Mediast Model 340, Cerritos, CA, USA*).

B: Oxímetro de pulso (*Datex-Ohmeda, Louisville, CO, USA*).

#### 2.5.4 Escala de Borg Modificada

A Escala de Borg modificada (Figura 6 A) foi utilizada para avaliar o nível de percepção do esforço durante a realização dos testes e durante o programa de treinamento de *endurance*. É um instrumento válido e confiável que pode ser aplicado a pacientes com disfunções cardiorrespiratórias para determinação da dispnéia<sup>77</sup>. A escala de Borg modificada consiste em uma escala vertical graduada de 0 a 10, com expressões verbais correspondentes a um aumento progressivo do nível de percepção do esforço, dispnéia ou fadiga dos MMII<sup>78</sup>. Nessa escala, 0, corresponde a expressão absolutamente nada, 10 a uma percepção de esforço

“extremamente forte” e o símbolo “●” representa o nível mais elevado de percepção de esforço possível<sup>79</sup>.

### 2.5.5 Cardíofreqüêncímetro

O Cardíofreqüêncímetro (*Polar®S810, NY, USA* – Figura 6 B) foi utilizado para monitorar a freqüência cardíaca (FC) durante a realização do treinamento de *endurance*.

### 2.5.6 Eletrocardiógrafo

O Eletrocardiógrafo (*Welch Allyn, Skaneateles Falls, NY, EUA* – Figura 6 C) com 12 derivações foi utilizado para monitorização eletrocardiográfica durante a realização dos testes. O *software Welch Allyn Cardio Perfect* foi utilizado para visualizar os traçados do eletrocardiograma os quais foram analisados por um médico colaborador do estudo.

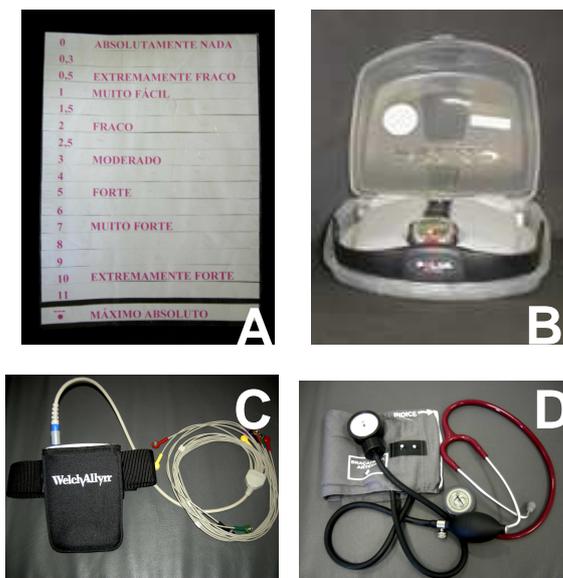


FIGURA 6 – A: Escala de Borg Modificada. B: Cardíofreqüêncímetro (*Polar®S810, NY, USA*). C: Eletrocardiógrafo (*Welch Allyn, Skaneateles Falls, NY, EUA*). D: Esfigmomanômetro (*Diasyst®, São José dos Campos, SP, Brasil*) e Estetoscópio (*Littmann Classic 2, St. Paul, MN, EUA*).

### 2.5.7 Esfigmomanômetro e Estetoscópio

Esfigmomanômetro (Diasyst®, São José dos Campos, SP, Brasil) calibrado e Estetoscópio (*Littmann Classic 2, St. Paul, MN, EUA*) (Figura 6 D) foram utilizados para aferição da pressão arterial (PA) durante a realização dos testes assim como para o treinamento de *endurance*. O estetoscópio também foi utilizado para realizar a ausculta respiratória.

### 2.5.8 Perfil de Atividade Humana

O questionário Perfil de Atividade Humana (PAH – Anexo 2) foi utilizado para caracterizar o nível de atividade física dos participantes no início do estudo<sup>80</sup>. O PAH consiste em um questionário com 94 itens que representam atividades físicas. Estas são dispostas de acordo com o custo energético, sendo que quanto maior a numeração, maior o gasto energético demandado pela atividade. Para cada item há três respostas possíveis: “ainda faço”, “parei de fazer” ou “nunca fiz”. De acordo com as respostas, são calculados escores, os quais permitem classificar o indivíduo em debilitado ou inativo, moderadamente ativo ou ativo<sup>81</sup>. O PAH foi adaptado transculturalmente para a população brasileira e pode ser aplicado em indivíduos com diferentes níveis funcionais<sup>82</sup>.

### 2.5.9 Escala Medical Research Council Modificada

A escala *Medical Research Council* (MRC) Modificada (Anexo 3) foi utilizada para caracterização do grau de dispnéia dos participantes no início do estudo<sup>1</sup>. A pontuação da MRC modificada varia entre 0, tenho falta de ar apenas quando faço esforço físico intenso, e 4, a minha falta de ar não me permite sair de casa ou sinto

falta de ar ao me vestir ou me despir<sup>83,84,85</sup>. A utilização dessa escala foi recomendada pelo II Consenso Brasileiro sobre DPOC<sup>2</sup>.

#### 2.5.10 Balança calibrada

A balança (Filizola ind. Ltda, São Paulo, SP, Brasil) foi utilizada para aferir a massa corporal e a estatura dos indivíduos. Esses dados foram utilizados para calcular o IMC, o qual é determinado pela divisão do peso pela altura ao quadrado ( $\text{Kg/m}^2$ )<sup>65</sup>.

## 2.6 Varáveis Analisadas

Um considerável número de estudos que avaliou a assincronia do MTA, particularmente os estudos envolvendo pacientes com DPOC, apresenta apenas dados subjetivos como, por exemplo, o relato da porcentagem de indivíduos com movimento respiratório assincrônico<sup>14,46,43,16,17,44,18</sup>. De acordo com a literatura pesquisada, Tobin *et al.*<sup>19</sup> foram os primeiros autores a apresentar uma variável capaz de quantificar a assincronia do MTA e Sackner *et al.*<sup>24</sup> foram os primeiros a relatar índices numéricos para as curvas Konno-Mead.

Todas as variáveis analisadas no presente estudo foram processadas pelo software MATLAB<sup>®</sup> (MathWorks Inc, Natick, MA, US). As siglas foram mantidas em inglês a fim de facilitar a comparação com a literatura.

#### 2.6.1 Ângulo de Fase (*PhAng*)

O Ângulo de Fase, índice que reflete o atraso entre as excursões da CT e do AB (Figura 7 A), é freqüentemente avaliado em recém-nascidos<sup>41,38,37,23,35</sup>, crianças<sup>40,39,26,36,25</sup> e adultos saudáveis<sup>34,24,20</sup> e com DPOC<sup>33,34,24</sup>. O *PhAng* pode ser

calculado por meio de equações, as quais são baseadas nos princípios empregados por Agostoni e Morgoni<sup>86</sup>. Essas equações utilizam dados extraídos da curva Konno-Mead<sup>25,29,34,36,42,40,24</sup> (Figura 7 B): para  $\text{PhAng} < 90^\circ$ ,  $\text{PhAng} = \arcsin(m/s)$ ; para  $\text{PhAng}$  entre  $90^\circ$  e  $180^\circ$ ,  $\text{PhAng} = 180^\circ - \arcsin(m/s)$ ; onde “m” é a distância horizontal entre a CT e o AB no ponto médio da excursão máxima da CT e “s” a excursão máxima do AB.

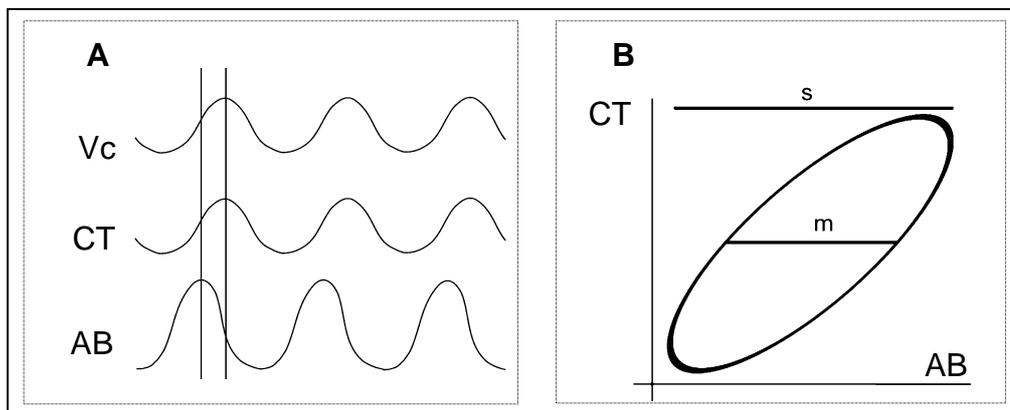


FIGURA 7 – A: Representação do atraso entre a movimentação da CT (caixa torácica) e do AB (abdome). Vc (volume corrente) representa a soma dos sinais da CT e do AB. B: Curva Konno-Mead e dados extraídos para cálculo do ângulo de fase, s = excursão máxima do AB e m = distância horizontal entre CT e AB no ponto médio da excursão máxima de CT.

Como descrito anteriormente, o PhAng pode variar entre  $0^\circ$  e  $180^\circ$ , refletindo maior assincronia do MTA a medida que se aproxima de  $180^\circ$ <sup>25,23,36,42,39</sup>. Quando CT e AB se movem em perfeita sincronia ( $\text{PhAng} = 0^\circ$ ), a curva Konno-Mead tem o formato de uma linha com o sentido positivo. À medida que o PhAng aumenta em direção a  $90^\circ$  a curva torna-se mais larga. A curva em formato de círculo representa PhAng igual a  $90^\circ$ . Quando PhAng excede  $90^\circ$  e se aproxima de  $180^\circ$  a curva começa a estreitar, entretanto o sentido torna-se negativo. Movimento paradoxal

entre a CT e o AB ( $\text{PhAng} = 180^\circ$ ) é representado por uma linha com sentido negativo (Figura 8)<sup>25</sup>.

A quantificação do  $\text{PhAng}$  tem a vantagem de incorporar dados de todo o ciclo respiratório<sup>29</sup>. Entretanto, o cálculo do  $\text{PhAng}$  assume que o movimento de ambos os compartimentos, CT e AB, tenham formato de curva aproximadamente senoidais, aspecto que pode não corresponder à realidade da medida<sup>25,29</sup>. Assim, curvas Konno-Mead não senoidais podem comprometer a quantificação do  $\text{PhAng}$ <sup>25,29,40,87,88</sup>. Entretanto, o cuidado em analisar apenas curvas sem “figura em 8” é pouco relatado<sup>36,39,26</sup>.

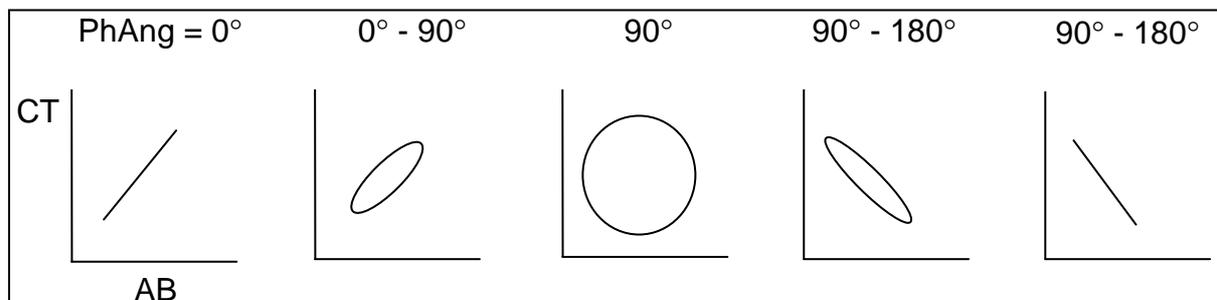


FIGURA 8: Curva Konno-Mead de acordo com o valor do ângulo de fase ( $\text{PhAng}$ ). CT= caixa torácica e AB= abdome.

### 2.6.2 Relação de Fase Inspiratória ( $\text{PhRIB}$ )

A Relação de Fase Inspiratória expressa a porcentagem de tempo durante a inspiração no qual os compartimentos torácico e abdominal movem em direções diferentes<sup>36,42,26</sup>. Quando CT e AB estão movimentando em perfeita sincronia, o valor é igual a 0%, e quando há movimento paradoxal, igual a 100%<sup>36,42,26</sup>.

Este parâmetro tem a vantagem de quantificar a assincronia entre CT e AB em cada ponto do ciclo respiratório e não depender de cálculos derivados da curva Konno-Mead<sup>42</sup>.

### 2.6.3 Relação de Fase Expiratória (PhREB)

A Relação de Fase Expiratória expressa a porcentagem de tempo durante a expiração no qual os compartimentos torácico e abdominal movem em direções diferentes<sup>36,42,26</sup>. A quantificação e os pressupostos são similares aos descritos para a PhRIB<sup>36,42,26</sup>.

### 2.6.4 Função Correlação Cruzada (CCF)

A Função Correlação Cruzada determina a média do defasamento em segundos (s) entre os sinais da CT e do AB. Valor de CCF igual a 0s corresponde à sincronia toracoabdominal perfeita e, quanto maior o valor dessa variável, maior a assincronia entre CT e AB<sup>89</sup>.

Para que o defasamento seja determinado, a CCF requer que as curvas sejam correlacionadas<sup>90</sup>, situação normalmente encontrada entre CT e AB<sup>69</sup>. Uma grande vantagem dessa variável é que o seu cálculo não assume que as curvas sejam senoidais. Dessa forma, este método tem sido preferível em relação àqueles baseados em cálculos derivados da curva Konno-Mead<sup>91,89</sup>. Além disso, a CCF indica qual sinal precede o outro<sup>90</sup>, informando qual compartimento inicia o movimento respiratório.

## 2.7 Protocolo Experimental

Os participantes do estudo foram avaliados em relação às variáveis de interesse durante duas fases: *baseline* (A) e intervenção (B). Na fase de *baseline*, as avaliações foram realizadas semanalmente por um período de seis semanas, tendo em vista que para julgar a estabilidade de uma resposta são necessários pelo menos cinco pontos de dados<sup>92</sup>.

Na fase de intervenção as avaliações foram realizadas quinzenalmente. De acordo com o protocolo de treinamento de *endurance* realizado em estudos prévios<sup>52,54,55,57,50</sup> essa fase teve duração de 12 semanas. Ao final do estudo, cada participante foi submetido a 12 mensurações repetidas, seis durante a fase A e seis durante a fase B, em um período de 18 semanas.

### 2.7.1 - Avaliações

As avaliações foram realizadas sempre no período da manhã e por um mesmo investigador que não foi responsável pelo treinamento do participante. Na primeira avaliação os participantes foram informados sobre todos os procedimentos do estudo. Após a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, a altura e a massa corporal dos participantes foram aferidas por meio de uma balança calibrada. Posteriormente os participantes foram questionados sobre as medicações em uso e as atividades que realizavam durante a semana. Em seguida o questionário PAH e a escala MRC modificada foram preenchidos.

Ao início de cada avaliação houve verificação dos parâmetros de monitoramento (PA, FC, frequência respiratória-FR, SpO<sub>2</sub> e ausculta pulmonar). Caso o participante apresentasse ruídos adventícios que caracterizassem a presença de secreção, o mesmo era submetido à técnica de higiene brônquica após a realização do teste incremental. Os participantes foram questionados sobre a presença de quaisquer sintomas, assim como eventuais mudanças nas medicações. Os pneumologistas responsáveis foram contatados para que as medicações em uso pelo paciente fossem mantidas durante o período do estudo, caso não trouxessem qualquer prejuízo para o participante. Os participantes também foram questionados

sobre as atividades desempenhadas e instruídos sobre como utilizar a escala de Borg modificada.

Antes da realização do primeiro teste incremental, o participante foi familiarizado com os equipamentos que seriam utilizados, especificamente com o cicloergômetro. Ele também foi instruído em relação ao protocolo de teste, sendo ressaltado que se tratava de um teste máximo. O participante foi orientado a levantar a mão esquerda para sinalização de qualquer sinal e/ou sintoma durante o teste e para interrupção do mesmo.

Após a verificação dos sintomas pré-teste e medicação em uso, e avaliação dos parâmetros de monitoramento, os eletrodos que forneceram os traçados do eletrocardiograma, assim como as faixas da pletismografia que permitiram a avaliação do MTA foram posicionados. Os eletrodos e faixas foram conectados aos fios e aos respectivos equipamentos. Com o intuito de calibrar os sinais das faixas de pletismografia, os participantes permaneceram sentados por um período de aproximadamente cinco minutos.

Antes da realização de cada teste, tanto na fase de *baseline* como na de intervenção, o participante recebeu as mesmas instruções fornecidas no primeiro dia de avaliação. Além disso, não houve incentivo durante a realização dos testes, uma vez que não era possível garantir que a intensidade dos mesmos se manteria. Todos os testes foram acompanhados por um cardiologista e uma técnica de enfermagem. As pessoas envolvidas na coleta dos dados receberam treinamento para atendimento em situação de emergência.

O protocolo do teste incremental máximo limitado por sintomas consistiu de 1) três minutos de repouso sobre o cicloergômetro, 2) um minuto de pedalagem com carga de 15 watts, carga basal da bicicleta, 3) acréscimo de 10 watts por minuto até

a exaustão ou até que ocorresse algum critério para interrupção do exercício<sup>93,94</sup> (Anexo 4) e, finalmente, 4) 3 minutos de pedalagem com 15 watts. Durante todo teste, exceto na fase de recuperação, foi mantida uma frequência de pedalagem de  $60 \pm 5$  rotações por minuto (rpm).

Os traçados da pletismografia foram coletados durante todas as fases do teste incremental. A FC, a SpO<sub>2</sub> e a percepção do esforço foram avaliadas a cada minuto, e a PA a cada dois minutos do teste incremental<sup>95</sup>.

O participante foi liberado após retorno dos parâmetros de monitoramento ao nível basal, ou próximos a estes. Todas as informações relacionadas aos testes foram armazenadas em fichas (Apêndice 1).

### 2.7.2 Programa de Treinamento de Endurance

O programa de treinamento de *endurance* em cicloergômetro foi realizado durante três vezes na semana por um período de 12 semanas. Durante esta fase, o participante foi submetido a um teste incremental máximo limitado por sintomas a cada 15 dias, com intervalo de pelo menos 24 horas do último dia de treinamento<sup>96</sup>. Após a realização dos testes na fase de intervenção, o participante descansou por no mínimo 45 minutos<sup>97,58</sup> e, em seguida, foi realizado o programa de treinamento. Para garantir a segurança do participante e determinar a viabilidade para realização do treinamento após os testes, parâmetros como PA, FC, FR, SpO<sub>2</sub> foram mensurados antes do início do treinamento. As diretrizes do *American College of Sports Medicine* foram usadas como referência<sup>67</sup>.

No início da fase de intervenção o indivíduo participou de uma aula educacional que englobou a definição de DPOC e sintomas associados, e diferentes formas de tratamento da doença, incluindo o treinamento físico. Foram ressaltados a

importância da realização da prática de atividade física regular para a saúde geral do participante e o impacto do exercício nos diferentes sistemas corporais.

Cada sessão da fase de intervenção teve duração de aproximadamente 120 minutos e consistiu de 1) mensuração dos parâmetros de monitoramento, 2) aquecimento, 3) treinamento em cicloergômetro, 4) resfriamento e, novamente, 5) mensuração dos parâmetros de monitoramento. Se necessário, seria realizada técnica de higiene brônquica antes e/ou após cada sessão e, caso a SpO<sub>2</sub> se apresentasse inferior a 88%, oxigênio via cateter nasal seria ofertado durante o treinamento<sup>98</sup>.

Durante o período de aquecimento, o participante realizou alongamento dos músculos flexores de quadril, isquiotibiais e tríceps sural, bilateralmente, com quatro séries de 20 segundos para cada músculo<sup>99</sup>. Em seguida, o participante pedalou no cicloergômetro com carga de 15 watts durante 5 minutos, mantendo frequência de pedalagem de no mínimo 45 rpm.

O treinamento em cicloergômetro foi realizado com carga de 70% (carga alvo)<sup>55</sup> da média das cargas de trabalho pico atingidas nos testes realizados durante o *baseline*, com o objetivo de alcançar 30 minutos de pedalagem com esta intensidade. Durante o treinamento na carga alvo, o participante deveria manter uma frequência de pedalagem de 60 rpm. A PA, e percepção do esforço foram mensuradas a cada cinco minutos, enquanto a FC e SpO<sub>2</sub> monitoradas continuamente.

A duração da pedalagem na carga alvo foi determinada pela tolerância do participante ou pela ocorrência de critérios de interrupção do exercício, os quais consistiam de FC acima dos valores máximos observados nos testes incrementais, desde que esta não fosse superior a 90% da FC máxima prevista para idade, PA

sistólica superior a 200 milímetros de mercúrio (mmHg), PA diastólica superior a 110 mmHg<sup>52</sup> e demais critérios já descritos para interrupção do teste incremental (Anexo 4). O valor limite de FC para realização do treinamento foi ajustado após cada teste incremental, se necessário. Nos períodos de interrupção, a carga do cicloergômetro foi reduzida para 15 watts e, se os parâmetros de monitoramento estivessem dentro de valores aceitáveis e se o participante se considerasse apto para retornar a carga alvo, a pedalagem na carga alvo era retomada após dois minutos. O tempo total de treinamento na carga alvo foi calculado a cada sessão.

O treinamento em cicloergômetro foi realizado por 20 minutos na primeira semana da fase de intervenção e nos dias de teste incremental, por 25 minutos na segunda semana e 30 minutos a partir da terceira semana de intervenção. Durante a pedalagem na carga alvo, o participante foi incentivado a cada um minuto, enquanto precisava de períodos de interrupção, ou a cada dois minutos, após o participante conseguir realizar 30 minutos de treinamento na carga alvo sem intervalos. O incentivo consistiu de frases como “você está indo bem”, “continue assim”, “você está fazendo um ótimo trabalho”.

O resfriamento consistiu de pedalagem com carga de 15 watts por um período de dois minutos e alongamentos musculares. Durante esta fase, o participante não precisava manter a frequência de pedalagem em nível pré-determinado. Os músculos levantador da escápula, trapézio superior, flexores de quadril, isquiotibiais e tríceps sural, foram alongados bilateralmente, com quatro séries de 20 segundos para cada músculo<sup>99</sup>.

Ao final da sessão PA, FC, FR e SpO<sub>2</sub> foram mensuradas e foi realizada a ausculta pulmonar. O participante foi liberado após retorno dos parâmetros de monitoramento aos valores basais ou próximos a estes.

Os dados relacionados ao monitoramento dos participantes durante o programa de treinamento foram armazenados em fichas padronizadas (Apêndice 2).

## 2. 8 Redução dos dados

A carga de trabalho pico foi determinada como a última carga em que o participante foi capaz de completar pelo menos 20 segundos de pedalagem<sup>100</sup>.

Os cortes dos traçados da PRI foram realizados por um examinador que desconhecia a fase na qual os participantes se encontravam no estudo. Para a comparação das variáveis durante o repouso, 30 segundos em estado estável foram analisados na fase de repouso de cada avaliação. A fim de comparar as variáveis em níveis idênticos de exercício (isocarga) em todos os testes<sup>58</sup>, foi selecionada a maior carga tolerada por um minuto durante todas as avaliações da fase de *baseline*. Os 30 segundos finais dessa carga, em todas as avaliações (*baseline* e intervenção), foram analisados. Para a comparação das variáveis no nível máximo de exercício (carga pico), o minuto final anterior à carga pico de cada avaliação foi selecionado, independente da carga alcançada.

A análise qualitativa das curvas Konno-Mead foi realizada por dois examinadores, os quais determinaram se as curvas eram ou não aceitáveis para o cálculo do PhAng. Os ciclos respiratórios que apresentaram curvas com “figura em 8” foram excluídos da análise do PhAng<sup>36</sup>. A Figura 9 apresenta exemplos de ciclos respiratórios com e sem formato em “8”.

Para avaliação da variabilidade dos dados da fase de *baseline*, o coeficiente de variação (CV) de cada uma das variáveis analisadas foi calculado de acordo com a fórmula:  $CV = (\text{desvio-padrão (DP)} / \text{média}) * 100^{62,101}$ . Os valores de CV podem variar entre 0%, nenhuma variação nas observações, e 100%. Em geral, respostas

biológicas apresentam CV entre 20 e 30% e aquelas com superiores a 30% são consideradas muito instáveis<sup>101</sup>. Com o intuito de reduzir a variabilidade dos dados e permitir as análises dos estudos experimentais de caso único, as variáveis PhRIB e PhREB foram submetidas a uma transformação angular, sendo expressas em graus. Essa transformação pode ser realizada quando respostas percentuais possuem a maior parte dos dados entre 0 e 30% ou 70 e 100%<sup>101</sup>. Quando apresentadas como  $\text{media} \pm \text{DP}$ , PhRIB e PhREB foram expressas em porcentagem, a fim de facilitar a comparação com a literatura.

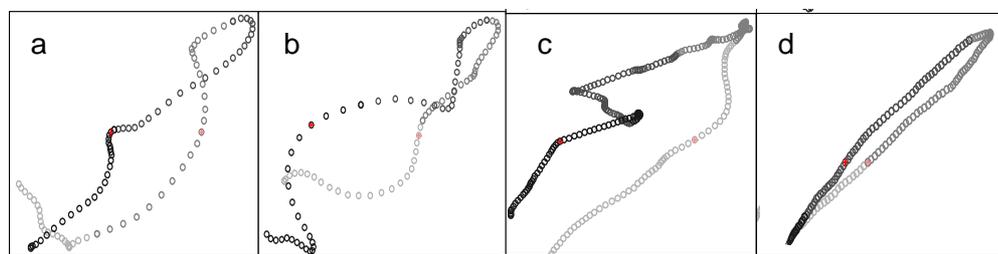


FIGURA 9 – Exemplos de ciclos respiratórios com figura em “8” (a, b, c) e sem figura em “8” (d). O sentido da curva pode ser observado pela diagramação de cores, do mais claro para o mais escuro.

A quantificação da CCF permitiu identificar a porcentagem de ciclos respiratórios em que AB ou CT iniciou o movimento respiratório, assim quando os dois compartimentos iniciaram o ciclo simultaneamente<sup>90</sup>.

## 2. 9 Análise dos dados

Para comparação do MTA durante o repouso e os dois níveis de exercício analisados foi utilizado o teste análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas. Este teste pode ser realizado em estudos experimentais de caso único quando os dados não apresentam autocorrelação<sup>102</sup>.

A comparação dos resultados entre as fases de *baseline* e intervenção foi realizada por meio de três métodos distintos: Análise Visual, e os testes estatísticos *Two Standard Deviation Band* e *Celeration Line*. Foram consideradas respostas à intervenção, os resultados que apresentaram concordância entre a Análise Visual e, no mínimo, um dos testes estatísticos<sup>103</sup>.

A Análise Visual é o método tradicional de avaliação de dados utilizado nos estudos experimentais de caso único<sup>63</sup>. Uma das vantagens da análise visual consiste em sua baixa sensibilidade para efeitos de tratamento com um número de medidas relativamente reduzido, o que ajuda a assegurar que grandes efeitos de intervenção, que tenham significância clínica, sejam detectados<sup>104</sup>. Os pontos de dados das variáveis do estudo foram transferidos para um papel milimetrado, com a escala de tempo representada no eixo X (Apêndice 3). Neste estudo, a Análise Visual dos dados foi realizada por três examinadores independentes e mascarados em relação à variável analisada. Cada examinador recebeu uma folha padronizada, exemplificada no quadro da próxima página, com os principais aspectos que deveriam ser analisados, dentre estes a mudança de tendência entre as fases e a mudança de magnitude da variável entre as fases<sup>62</sup>.

Para avaliação da concordância entre os avaliadores foi utilizada a estatística Kappa, que considera tanto a proporção de concordâncias observadas como a proporção de concordâncias esperadas ao acaso. Foram usados os critérios propostos por Landis e Koch<sup>105</sup> para interpretação da concordância, assim definidos: I) quase perfeita, para valores de 0,81 a 1,00; II) substancial, para valores de 0,61 a 0,80; III) moderada, para valores entre 0,41 e 0,60; IV) regular, para valores entre 0,21 e 0,40; V) discreta, para valores entre 0 e 0,20; e VI) pobre, para valores negativos. A análise de concordância foi realizada entre cada par de

examinadores<sup>62</sup>, obtendo-se, assim, três valores de Kappa para cada variável analisada. São apresentados os valores mínimos e máximos da estatística Kappa de cada variável, a fim de facilitar a análise dos dados.

Quadro – Folha padronizada utilizada para análise visual dos dados

1) Houve mudança de tendência entre as fases A e B?	
<b>FASE A</b>	<b>FASE B</b>
<input type="checkbox"/> aceleração	<input type="checkbox"/> aceleração
<input type="checkbox"/> desaceleração	<input type="checkbox"/> desaceleração
<input type="checkbox"/> estável	<input type="checkbox"/> estável
<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	
2) Se a variável se apresentou estável na fase B em relação a fase A, ou a mesma tendência nas duas fases, houve mudança na magnitude da variável alvo na fase B?	
<input type="checkbox"/> SIM – <input type="checkbox"/> aumentou ou <input type="checkbox"/> diminui	
<input type="checkbox"/> Não	
<input type="checkbox"/> Não é possível determinar	

O teste *Celeration Line* (Apêndice 4) consiste em plotar na fase de intervenção a continuidade de uma linha traçada na fase de *baseline*. Essa linha reta traçada entre os dados do *baseline* é determinada por meio de cálculos de semilogaritmo dos valores do comportamento alvo. Após esse procedimento é realizada a comparação entre os valores observados e aqueles que seriam esperados sem a alteração da fase. A análise estatística considera o número de dados da fase e número de observações que são iguais, estão acima ou abaixo do esperado<sup>103,102,62</sup>.

O teste *Two Standard Deviation Band* é baseado no cálculo do DP para os dados do *baseline* e determinação de uma banda contendo escores dentro de + 2

(limite superior) ou  $-2$  (limite inferior) DP da média. Se pelo menos dois pontos de dados consecutivos da fase de intervenção estiverem fora dos limites da banda da fase de *baseline*, conclui-se que ocorreu uma mudança significativa no desempenho entre as duas fases, uma vez que a probabilidade para ocorrência de tal evento é menor que 5%<sup>62,102</sup>. Esse procedimento não deve ser usado quando os dados exibem autocorrelação e pode ser aplicado quando foram realizadas de 5 a 10 registros no *baseline*<sup>102</sup>.

O coeficiente de autocorrelação foi calculado para garantir que os dados não apresentavam dependência serial, a qual indica a extensão na qual o escore de um ponto em uma série de dados é preditivo do escore em outro ponto nesta mesma série, permitindo, assim, realizar os testes ANOVA e *Two Standard Deviation Band*<sup>102</sup>.

Em todos os testes estatísticos o nível de significância  $\alpha$  foi previamente fixado em 0,05. Para o teste ANOVA, foi utilizada correção de Bonferroni para ajustar o nível de significância de acordo com o número de contrastes realizados<sup>106</sup>. Após esse procedimento, foi considerado significativo  $p < 0,017$ .

A estatística Kappa e o teste ANOVA foram realizados no *software Statistical Package for Social Sciences (SPSS, Chicago, IL, USA)* versão 15. Quando necessário, os dados foram apresentados como média  $\pm$ DP.

### Capítulo 3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GLOBAL STRATEGY FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE (GOLD). Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease 2007. Disponível em: <http://www.goldcopd.com>.
2. SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA. Consenso brasileiro sobre doença pulmonar obstrutiva crônica. *J Bras Pneumol*, v. 30, n.5, p. s1-s42, 2004.
3. NICI, L. *et al.* American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 173, n.12, p. 1390-1413, 2006.
4. O'DONNELL, D. E. *et al.* Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 164, n.5, p. 770-777, 2001.
5. DECRAMER, M. Hyperinflation and respiratory muscle interaction. *Eur Respir J*, v. 10, n.4, p. 934-941, 1997.
6. MACINTYRE, N. R. Muscle dysfunction associated with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care*, v. 51, n.8, p. 840-847, 2006.
7. ROCHESTER, D. F., BRAUN, N. M. Determinants of Maximal inspiratory pressure in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am Rev Respir Dis*, v. 132, n.1, p. 42-47, 1985.
8. PEREZ, T. *et al.* Inspiratory muscle strength and endurance in steroid-dependent asthma. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 153, n.2, p. 610-615, 1996.
9. SHARP, J. T. The respiratory muscles in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*, v. 134, n.5, p. 1089-1091, 1986.
10. FERGUSON, G. T. Why does the lung hyperinflate? *Proc Am Thorac Soc*, v. 3, n.2, p. 176-179, 2006.
11. GIBSON, G. J. Pulmonary hyperinflation a clinical overview. *Eur Respir J*, v. 9, n.12, p. 2640-2649, 1996.
12. AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. A statement of

the American Thoracic Society and European Respiratory Society. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 159, n.4 Pt 2, p. S1-40, 1999.

13. ROCHESTER, C. L. Exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *J Rehabil Res Dev*, v. 40, n.5 Suppl 2, p. 59-80, 2003.

14. ASHUTOSH, K. *et al.* Asynchronous breathing movements in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Chest*, v. 67, n.5, p. 553-557, 1975.

15. CAPRIA, M. E. *et al.* Relationship between Hoover sign, functional and variables, and curvature radius in patients with obstructive pulmonary disease. *Medicina B Aires*, v. 63, n.5, p. 369-376, 2003.

16. GARCIA-PACHON, E., PADILLA-NAVAS, I. Frequency of Hoover's sign in stable patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Clin Pract*, v. 60, n.5, p. 514-517, 2006.

17. GILBERT, R. *et al.* Prospective study of controlled oxygen therapy. Poor prognosis of patients with asynchronous breathing. *Chest*, v. 71, n.4, p. 456-462, 1977.

18. SHARP, J. T. *et al.* Thoracoabdominal motion in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am Rev Respir Dis*, v. 115, n.1, p. 47-56, 1977.

19. TOBIN, M. J. *et al.* Breathing patterns. 1. Normal subjects. *Chest*, v. 84, n.2, p. 202-205, 1983.

20. TOBIN, M. J. *et al.* Does Rib Cage-abdominal paradox signify respiratory muscle fatigue? *J Appl Physiol*, v. 63, n.2, p. 851-860, 1987.

21. WEST, J. B. Mecânica da respiração: como o pulmão é sustentado e movimentado. In: WEST, J. B. *Fisiologia respiratória*. São Paulo: Manole, 2002. cap. 7, p. 89-116.

22. GUYTON, A. C. Respiratory system. In: GUYTON, A. C., HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. cap. 37, p. 433-444.

23. KICIMAN, N. M. *et al.* Thoracoabdominal motion in newborns during ventilation delivered by endotracheal tube or nasal prongs. *Pediatr Pulmonol*, v. 25, n.3, p. 175-181, 1998.

24. SACKNER, M. A. *et al.* Assessment of asynchronous and paradoxical motion between rib cage and abdomen in normal subjects and in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am Rev Respir Dis*, v. 130, n.4, p. 588-593, 1984.
25. ALLEN, J. L. *et al.* Thoracoabdominal asynchrony in infants with airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis*, v. 141, n.2, p. 337-342, 1990.
26. REBER, A. *et al.* Effect of continuous positive airway pressure on the measurement of thoracoabdominal asynchrony and minute ventilation in children anesthetized with sevoflurane and nitrous oxide. *Chest*, v. 122, n.2, p. 473-478, 2002.
27. KOHYAMA J *et al.* Quantitative analysis of paradoxical inward rib cage movement during sleep in children. *Psychiatry Clin Neurosc*, v. 54, n.3, p. 328-329, 2000.
28. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 166, n.4, p. 518-624, 2002.
29. BEYDON, N. *et al.* An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 175, n.12, p. 1304-1345, 2007.
30. CLARENBACH, C. F. *et al.* Monitoring of ventilation during exercise by a portable respiratory inductive plethysmography. *Chest*, v. 128, n.3, p. 1282-1290, 2005.
31. SACKNER, J. D. *et al.* Non-invasive measurement of ventilation during exercise using a respiratory inductive plethysmography. *Am Rev Respir Dis*, v. 122, n.6, p. 867-871, 1980.
32. TOBIN, M. J. *et al.* Validation of respiratory inductive plethysmography in patients with pulmonary disease. *Chest*, v. 83, n.4, p. 615-620, 1983.
33. ALVES, G. S. Padrão Respiratório e Movimento Toracoabdominal de Indivíduos com DPOC Durante Repouso e Exercício. *Universidade Federal de Minas Gerais*, 2006.
34. BLOCH, K. E. *et al.* Effect of surgical lung volume reduction on breathing patterns in severe pulmonary emphysema. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 156, n.2 Pt 1, p. 553-560, 1997.

35. ELGELLAB, A. *et al.* Effects of nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) on breathing pattern in spontaneously breathing premature newborn infants. *Intensive Care Med*, v. 27, n.11, p. 1782-1787, 2001.
36. MAYER, O. H. *et al.* Respiratory inductance plethysmography in healthy 3- to 5-year-old children. *Chest*, v. 124, n.5, p. 1812-1819, 2003.
37. MAYNARD, V. *et al.* Effect of positioning on respiratory synchrony in non-ventilated pre-term infants. *Physiother Res Int*, v. 5, n.2, p. 96-110, 2000.
38. MUSANTE, G. *et al.* Proportional assist ventilation decreases thoracoabdominal asynchrony and chest wall distortion in preterm infants. *Pediatr Res*, v. 49, n.2, p. 175-180, 2001.
39. REBER, A. *et al.* Effect of airway opening manoeuvres on thoraco-abdominal asynchrony in anaesthetized children. *Eur Respir J*, v. 17, n.6, p. 1239-1243, 2001.
40. RUSCONI, F. *et al.* Respiratory inductive plethysmography in the evaluation of lower airway obstruction during methacholine challenge in infants. *Pediatr Pulmonol*, v. 20, n.6, p. 396-402, 1995.
41. WARREN, R. H. *et al.* Chest wall motion in preterm infants using respiratory inductive plethysmography. *Eur Respir J*, v. 10, n.10, p. 2295-2300, 1997.
42. NIMS INC. RespEvents: Operations Manual For Health Care Practitioners. Disponível em: <http://www.nims-inc.com>, 2001.
43. DELGADO, H. R. *et al.* Chest wall and abdominal motion during exercise in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am Rev Respir Dis*, v. 126, n.2, p. 200-205, 1982.
44. GILMARTIN, J. J., GIBSON, G. J. Mechanisms of paradoxical rib cage motion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*, v. 134, n.4, p. 683-687, 1986.
45. TOBIN, M. J. *et al.* Breathing patterns. 2. Diseased subjects. *Chest*, v. 84, n.3, p. 286-294, 1983.
46. CELLI, B. R. *et al.* Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. *N Engl J Med*, v. 314, n.23, p. 1485-1490, 1986.

47. HOOVER, C. F. The diagnostic significance of inspiratory movements of the costal margins. *Am J Med Sci*, v. 159, p. 633-646, 1920.
48. GOSSELINK, R. Physical therapy in adults with respiratory disorders: where are we? *Rev Bras Fisioter*, v. 10, n.4, p. 361-372, 2006.
49. AMERICAN THORACIC SOCIETY. Pulmonary rehabilitation-1999. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 159, n.5 Pt 1, p. 1666-1682, 1999.
50. BRITISH THORACIC SOCIETY. Pulmonary rehabilitation. *Thorax*, v. 56, n.11, p. 827-834, 2001.
51. PUENTE-MAESTU, L. *et al.* Comparison of effects of supervised versus self-monitored training programmes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*, v. 15, n.3, p. 517-525, 2000.
52. VIEIRA, D. S. R. Efeitos de um programa de treinamento de endurance em paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica: um estudo experimental de caso único. *Universidade Federal de Minas Gerais*, 2007.
53. AMERICAN ASSOCIATION OF CARDIOVASCULAR AND PULMONARY REHABILITATION. Pulmonary Rehabilitation: joint ACCP/AACVPR evidence-based guidelines. ACCP/AACVPR Pulmonary Rehabilitation Guidelines Panel. American College of Chest Physicians. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Chest*, v. 112, n.5, p. 1363-1396, 2006.
54. SPRUIT, M. A. *et al.* Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. *Eur Respir J*, v. 19, n.6, p. 1072-1078, 2002.
55. ORTEGA, F. *et al.* Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 166, n.5, p. 669-674, 2002.
56. MADOR, M. J. *et al.* Endurance and Strength training in patients with COPD. *Chest*, v. 125, n.6, p. 2036-2045, 2004.
57. BERNARD, S. *et al.* Aerobic and strength training in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 159, n.3, p. 896-901, 1999.

58. PORSZASZ, J. *et al.* Exercise training decreases ventilatory requirements and exercise-induced hyperinflation at submaximal intensities in patients with COPD. *Chest*, v. 128, n.4, p. 2025-2034, 2005.
59. ONG, K. C. *et al.* Comparison of different exercise tests in assessing outcomes of pulmonary rehabilitation. *Respir Care*, v. 49, n.12, p. 1498-1503, 2004.
60. GEORGIADOU, O. *et al.* Effects of rehabilitation on chest wall volume regulation during exercise in COPD patients. *Eur Respir J*, v. 29, n.2, p. 284-291, 2007.
61. CASABURI, R. *et al.* Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 155, n.5, p. 1541-1551, 1997.
62. PORTNEY, L. G.; WATKINS, M. P. Single subject designs. In: PORTNEY, L. G., WATKINS, M. P. *Foundations of clinical research: applications to practice*. New Jersey: Prentice-Hall, 2000, cap. 12, p. 223-264.
63. KAZDIN, A. E. *Single-case research designs: methods for clinical and applied settings*. 1. ed. New York: Oxford University Pres, 1982
64. AMERICAN THORACIC SOCIETY. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 152, n.5 Pt 2, p. S77-121, 1995.
65. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Database on Body Mass Index: an interactive surveillance tool for monitoring nutrition transition. Disponível em: <http://www.who.int>, 2004.
66. COVEY, M. K. *et al.* Reliability of submaximal exercise tests in patients with COPD. Chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc*, v. 31, n.9, p. 1257-1264, 1999.
67. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE Triagem de saúde e estratificação dos riscos. In: AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE *Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. cap. 2, p. 15-21.
68. BERRY, M. J. *et al.* A randomized, controlled trial comparing long-term and short-term exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, v. 23, n.1, p. 60-68, 2003.

69. KONNO, K., MEAD, J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing. *J Appl Physiol*, v. 22, n.3, p. 407-422, 1967.
70. FIAMMA, M. N. *et al.* Respiratory inductive plethysmography to assess respiratory variability and complexity in humans. *Respir Physiol Neurobiol*, v. 156, n.2, p. 234-239, 2007.
71. CARRY, P. Y. *et al.* Evaluation of respiratory inductive plethysmography: accuracy for analysis of respiratory waveforms. *Chest*, v. 111, n.4, p. 910-915, 1997.
72. SACKNER, M. A. Diagnostic Techniques in Pulmonary Disease. In: SACKNER, MA. *Lung biology in healthy and disease*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1980. cap. 16, p. 525-537.
73. DE, GROOTE, A. *et al.* Mathematical assessment of qualitative diagnostic calibration for respiratory inductive plethysmography. *J Appl Physiol*, v. 90, n.3, p. 1025-1030, 2001.
74. SACKNER, M. A. *et al.* Calibration of respiratory inductive plethysmograph during natural breathing. *J Appl Physiol*, v. 66, n.1, p. 410-420, 1989.
75. NICKERSON, B. G. *et al.* Bias and precision of pulse oximeters and arterial oximeters. *Chest*, v. 93, n.3, p. 515-517, 1988.
76. YELDERMAN, M., NEW, W., Jr. Evaluation of pulse oximetry. *Anesthesiology*, v. 59, n.4, p. 349-352, 1983.
77. CULLEN, D. L., RODAK, B. Clinical utility of measures of breathlessness. *Respir Care*, v. 47, n.9, p. 986-993, 2002.
78. BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, v. 14, n.5, p. 377-381, 1982.
79. BORG, G. A. Administração das escalas de Borg. In: BORG, G. A. *Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido*. São Paulo: Manole, 2000. cap. 7, p. 49-57.
80. DAVIDSON, M., DE, M. N. A systematic review of the Human Activity Profile. *Clin Rehabil*, v. 21, n.2, p. 151-162, 2007.
81. FIX, A. J.; DAUGHTON, D. M. *Human Activity Profile; Professional Manual*. ed.: 1988

82. SOUZA, A. C., MAGALHÃES, L. C. T.-S. L. F. Adaptação transcultural e análise das propriedades psicométricas da versão brasileira do Perfil de Atividade Humana. *Cad Saúde Pública*, v. 22, n.12, p. 2623-2636, 2006.
83. BESTALL, J. C. *et al.* Usefulness of the Medical Research Council (MRC) dyspnoea scale as a measure of disability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*, v. 54, n.7, p. 581-586, 1999.
84. HAJIRO, T. *et al.* Analysis of clinical methods used to evaluate dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 158, n.4, p. 1185-1189, 1998.
85. PITTA, F. *et al.* Potential consequences for stable chronic obstructive pulmonary disease patients who do not get the recommended minimum daily amount of physical activity. *J Bras Pneumol*, v. 32, n.4, p. 301-308, 2006.
86. AGOSTONI, E., MOGNONI, P. Deformation of the chest wall during breathing efforts. *J Appl Physiol*, v. 21, n.6, p. 1827-1832, 1966.
87. SIVAN, Y. *et al.* Thoracoabdominal asynchrony in acute upper airway obstruction in small children. *Am Rev Respir Dis*, v. 142, n.3, p. 540-544, 1990.
88. STROMBERG, N. O., NELSON, N. Thoracoabdominal asynchrony in small children with lung disease--methodological aspects and the relationship to lung mechanics. *Clin Physiol*, v. 18, n.5, p. 447-456, 1998.
89. MILLARD, R. K. Inductive plethysmography components analysis and improved non-invasive postoperative apnoea monitoring. *Physiol Meas*, v. 20, n.2, p. 175-186, 1999.
90. BRUCE, E. N. Memory and Correlation. In: BRUCE, E.N. *Biomedical Signal Processing and Signal Modeling*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2000, cap. 2, p. 29-55.
91. BLACK A.M.S., MILLARD, R. K. Assessing thoracoabdominal asynchrony: short communication. *Clinical Physiology*, v. 21, n.3, p. 383-385, 2000.
92. BACKMAN, C. L. *et al.* Single-subject research in rehabilitation: a review of studies using AB, withdrawal, multiple baseline, and alternating treatments designs. *Arch Phys Med Rehabil*, v. 78, n.10, p. 1145-1153, 1997.

93. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 167, n.2, p. 211-277, 2003.
94. WEISMAN, I. M., ZEBALLOS, R. J. Clinical exercise testing. *Clin Chest Med*, v. 22, n.4, p. 679-701, viii, 2001.
95. WASSERMAN, K.; HANSEN, J. E.; SUE, D. Y.; STRINGER, W. W. Clinical Exercise Testing. In: WASSERMAN, K., HANSEN, J. E., SUE, D. Y., STRINGER, W. W. *Principles Exercise Testing and Interpretation*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. cap. 6, p. 133-159.
96. YAZBEK JUNIOR, P. Ergoespirometria: tipos de equipamentos, aspctos metodologicos e variáveis úteis. *Revista Da Sociedade De Cardiologia Do Estado De São Paulo*, v. 11, n.3, p. 682-694, 2001.
97. CASABURI, R. *et al.* Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis*, v. 143, n.1, p. 9-18, 1991.
98. COOPER, C. Pulmonary Disease. In: AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE *American College of Sports Medicine Exercise Management for Persons with Chronic Diseases and Disabilities*. Champaign: Human Kinetics: Human Kinetics, 1997. cap. 12, p. 74-80.
99. TAYLOR, D. C. *et al.* Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions. *Med Sci Sports Exerc*, v. 29, n.12, p. 1619-1624, 1997.
100. GOSSELINK, R. *et al.* Exercise training in COPD patients: the basic questions. *Eur Respir J*, v. 10, n.12, p. 2884-2891, 1997.
101. SAMPAIO, I. B. M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002
102. OTTENBACHER, K. Statistical analysis of syngle system. In: OTTENBACHER, K. *Evaluate clinical change: estrategias for occupational and physical therapists*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1986. cap. 6, p. 166-195.
103. BARBOSA, A. P. *et al.* Therapeutic effects of electrical stimulation on manual function of children with cerebral palsy: Evaluation of two cases. *Disabil Rehabil*, v. p. 1-6, 2007.

104. NOURBAKHS, M. R., OTTENBACHER, K. J. The statistical analysis of single-subject data: a comparative examination. *Physical Therapy*, v. 74, n.8, p. 768-776, 1994.
105. LANDIS, J. R., KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, n.1, p. 159-174, 1977.
106. MUNRO, B. H. Differences among group means: one way analyses of variance. In: MUNRO, B. H. *Statistical methods for health care research*. Philadelphia: Lippincott, 2000. cap. 6, p. 137-159.

## **Capítulo 4 – Lower-limb endurance training program influences thoracoabdominal motion of patients with chronic obstructive pulmonary disease?**

Objective: To analyze the impact of lower-limb endurance training in thoracoabdominal motion (TAM) during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) as well as to compare TAM at rest and during exercise.

Design: AB single-subject experimental study (A-Baseline, B –Intervention).

Setting: Physiotherapy Department of Federal University.

Participants: Two participants with severe COPD.

Intervention: Lower-limb endurance training three times per week for 12 weeks.

Main Outcome Measure: To compare asynchronous TAM (Inspiratory Phase Relation-PhRIB, Expiratory Phase Relation-PhREB and Cross-Correlation Function-CCF) between baseline and intervention phases in two levels of exercise (same load and peak load) as well as to compare asynchronous TAM between rest and exercise.

Results: Comparisons between baseline and intervention phases showed: Participant 1-significant decrease in PhRIB during same load and in PhREB during peak load. Participant 2-significant decrease in PhRIB and PhREB during same load and in PhRIB during peak load. Comparisons between rest and exercise showed significant increase in PhRIB, PhREB and CCF during exercise in both participants.

Conclusion: The results suggest that despite the exercise highlight the asynchrony in relation to rest, lower-limb endurance training program positively influence thoracoabdominal motion promoting significant decrease on asynchrony during exercise in patients with COPD.

Key words: Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Rehabilitation, Exercise, Chest Wall Motion, Physiotherapy.

## INTRODUCTION

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is defined as a disease characterized by airflow limitation that is not fully reversible. The airflow limitation is usually progressive and associated with an abnormal inflammatory response of the lung to noxious particles or gases".<sup>1</sup> COPD is a leading cause of morbidity and mortality worldwide, producing substantial social and economic impacts.<sup>1,2</sup>

Pathophysiological lung changes that occur progressively in patients with COPD result in lung hyperinflation.<sup>1, 3</sup> This is increased during exercise, what is known as dynamic hyperinflation. The dynamic hyperinflation is considered the main mechanism for exertional dyspnea, which results in limitation of exercise capacity.<sup>1, 4</sup>

Lung hyperinflation leads respiratory muscles to mechanical disadvantage, particularly the diaphragm,<sup>3, 5-7</sup> imposing a burden to respiratory muscles.<sup>3, 4, 6, 8, 9</sup> Dynamic hyperinflation highlights this disadvantage, increasing load on respiratory muscles during exercise.<sup>3, 6, 8, 9</sup>

An important sign of COPD, related to disease severity, is the presence of asynchronous thoracoabdominal motion (TAM) during the respiratory cycle.<sup>1, 10-14</sup> Asynchronous TAM can be described in two categories: asynchrony, which reflects the delay between thoracic and abdominal compartments in expansion or retraction and paradoxical movement which consists of opposite movement between rib cage (RC) and abdomen (AB), also reported as complete asynchrony.<sup>15, 16</sup>

Hoover<sup>17</sup> was the first author to describe the presence of asynchronous respiratory movement in patients with COPD. From that date, several studies have been developed to assess TAM in these patients.<sup>10-13, 15, 18-22</sup> According to literature, patients with COPD present more thoracoabdominal asynchrony when compared to healthy subjects, both at rest<sup>15, 19</sup> and during exercise.<sup>20</sup> Exercise may reinforce

asynchrony in patients with COPD<sup>18, 20</sup> and the presence of asynchronous TAM in COPD patients was associated with higher severity of the disease, increased risk of respiratory failure and worse prognosis.<sup>10-14</sup> Most of these studies has been done without objective measurements.<sup>10, 12-14, 20, 21</sup>

Another disturbing sign of COPD is the intolerance to exercise.<sup>23</sup> One of the primary symptoms that limits the exercise in patients with COPD is dyspnea.<sup>3, 23</sup> As described above, dynamic hyperinflation, besides enhancing respiratory muscles dysfunction,<sup>3, 4, 6, 8, 9</sup> is considered the main mechanism for exertional dyspnea.<sup>1, 4</sup>

Dyspnea and exercise capacity limitation form a “vicious circle” with social and psychosocial consequences for these patients.<sup>1</sup> Pulmonary rehabilitation, multidisciplinary care program to chronic respiratory disease patients,<sup>1, 2</sup> can interrupt this circle.<sup>1</sup> A key component of pulmonary rehabilitation is the physical training, which results in improvement on exercise capacity, although it does not promote changes in lung function.<sup>3, 23</sup> However, better oxidative capacity and skeletal muscle efficiency reduce alveolar ventilation for a given workload, which can decrease dynamic hyperinflation and, consequently, exertional dyspnea.<sup>3</sup>

The lower-limb endurance training is the most commonly applied exercise training modality in pulmonary rehabilitation.<sup>3, 24</sup> This training modality provides important positive effects in patients with COPD, such as significant improvements in health-related quality of life,<sup>24-28</sup> exercise capacity,<sup>24-32</sup> ventilatory efficiency for a given workload<sup>25, 27-29, 31, 32</sup> and decrease of dynamic hyperinflation.<sup>29, 31</sup> However, studies addressing the influence of lower-limb endurance training on thoracoabdominal asynchrony of patients with COPD have not been found.

The aim of the present study was to analyze the impact of a lower-limb endurance training program on the variables of TAM during exercise in patients with COPD as well as to compare TAM between rest and exercise.

## **METHODS**

### Study design

A single-subject experimental design AB was conducted. Phase A consisted of baseline periodic assessments weekly for six weeks, without any treatment. Phase B consisted of a lower-limb endurance training for 12 weeks and periodic assessments every 15 days.

### Participants

Three participants were selected according to the inclusion criteria: diagnosis of severe COPD<sup>1</sup>, negative bronchodilator test,<sup>33</sup> clinical stability,<sup>34</sup> age between 60 and 75 years old, normal body mass index (BMI),<sup>35</sup> non-smoker, cessation of smoking for at least three months,<sup>27</sup> absence of respiratory and metabolic associated diseases, without practice of moderate intensity physical activity on a regular base,<sup>36</sup> absence of conditions that could interfere<sup>24, 37</sup> or determine risks<sup>3</sup> during assessments or endurance training. Exclusion criteria were: exacerbation of the disease during the study, attendance to the endurance training program lower than 80%, inability to comprehend or accomplish the procedure. The University Ethics Research Committee approved the protocol used, and all subjects gave informed consent.

### Signals and Measurements

### *Initial Interview*

Evaluation was carried out using questions about usual physical activities and medications in use.

Participants responded to Human Activity Profile questionnaire, cross-culturally adapted for the Brazilian population,<sup>38</sup> in order to characterize the level of physical activity.<sup>39, 40</sup> According to the score observed, the participant was classified as inactive, moderately active or active.<sup>40</sup> The Modified Medical Research Council (MRC) scale was used to characterize the degree of dyspnea. MRC score may vary between 0, “*I only get breathless with exhausting exercise*”, and 4, “*I am too breathless to leave the house or I am breathless when dressing or undressing*”.<sup>1, 41-43</sup> The use of this scale was recommended by II Brazilian Consensus on COPD.<sup>2</sup>

Participants were familiar to evaluations equipments, particularly cycle ergometer and were instructed about the test protocol.

### *Thoracoabdominal motion*

The respiratory inductive plethysmography (Respirtrace® 204, Nims, Miami, FL, USA) was used to assess TAM during the tests. The accuracy of the plethysmography was evaluated in patients with COPD at rest and during exercise.<sup>44,45</sup>

This non invasive system consists of two bands (Teflon®-coated inductance) to measure the changes in cross-sectional area of the RC and AB.<sup>46</sup> Bands of appropriate size were placed around the RC and AB; upper edge of RC band was placed at axilla and the abdominal band at the level of umbilicus.<sup>47</sup> Signals were calibrated using the Qualitative Diagnostic Calibration.<sup>48, 49</sup>

The MATLAB<sup>®</sup> software (MathWorks Inc, Natick, MA, US) was used to develop a routine to process and analyze Konno-Mead loops and the following variables that quantify asynchrony of TAM:

1 – Phase Angle (PhAng): reflects the delay between RC and AB excursions and has been used in patients with COPD.<sup>15, 18, 19</sup> When the RC and AB move in perfect synchrony, PhAng=0°. With increasingly asynchronous TAM, PhAng increases to 180°, point at which the thoracic and abdominal compartments are completely out of phase.<sup>47, 48</sup> This variable has the advantage of incorporating data from the whole respiratory cycle,<sup>50</sup> but the disadvantage of assuming that both RC and abdominal excursions are sine waves, which can not match the measure reality.<sup>50</sup> Thus, in the presence of irregular or “8 figure” Konno-Mead loops quantifying PhAng may be wrong.<sup>50, 51</sup>

2- Inspiratory Phase Relation (PhRIB) and Expiratory Phase Relation (PhREB): express the percentage of agreement between RC and AB movements directions during inspiratory or expiratory time, respectively.<sup>47, 48</sup> When RC and AB are moving in perfect synchrony, the values are equivalent to 0%, and when there is paradoxical movement, equivalent to 100%.<sup>47, 48</sup> These parameters have the advantage of quantifying thoracoabdominal asynchrony at each point of respiratory cycle and not depend on calculations derived from Konno-Mead loops.<sup>48</sup>

3- Cross-Correlation Function (CCF): determines the delay in seconds (s) between the signals of RC and AB at each respiratory cycle. CCF equal 0s reflects perfect thoracoabdominal synchrony, and higher the variable value higher the asynchrony between RC and AB.<sup>52</sup> To determine the delay, CCF requires correlated signs,<sup>53</sup> situation normally found between thoracic and abdominal compartments.<sup>54</sup> An advantage of this variable is that its calculation does not assume that RC and AB

excursions are sine waves. Thus, CCF has been preferable in relation to methods based on calculations derived from Konno-Mead loops.<sup>52, 55</sup> In addition, CCF informs which signal precedes the other,<sup>53</sup> determining which compartment starts the respiratory movement.

## Procedure

### *Assessments*

Assessments were made in the same day period by the same examiner. During phase B (training), an interval of at least 24 hours after endurance training was done. At the beginning of each assessment, monitoring parameters (transcutaneous oxygen saturation, blood pressure, heart rate, respiratory frequency and pulmonary auscultation) were assessed. Participants were asked about changes in symptoms, medications and physical activities, and instructed on modified Borg scale used to assess the level of perceived exertion.<sup>56</sup>

Maximal incremental symptom-limited exercise test was conducted on cycle ergometer (Ergo Cycle167, Pirmasens, Germany) and consisted of: 1) three minutes at rest, 2) one minute of cycling with load of 15 watts of load (basal load), 3) increase of 10 watts per minute until exhaustion or occurrence of any exercise interruption criterions,<sup>57, 58</sup> 4) three minutes of cycling with basal load. Throughout testing, except during the recovery phase, pedal frequency was kept at 60 rotations per minute (rpm). Electrocardiographic signs were monitored continuously. Transcutaneous oxygen saturation, heart rate and perceived exertion were evaluated every one minute, while blood pressure was measure every two minutes.

Data from respiratory inductive plethysmography were collected during all tests. Participants were released when the monitoring parameters returned to rest values or were close to them.

### *Endurance Training*

According to endurance training protocol of previous studies<sup>25, 26, 28, 37, 59</sup> this phase was conducted during 12 weeks. Each session of the intervention phase consisted of 1) measurement of monitoring parameters, 2) warming, 3) cycle ergometer training, 4) cool down and, again, 5) measurement of monitoring parameters. If necessary, bronchial hygiene technique before and / or after each session could be done and, if the transcutaneous oxygen saturation decreased less than 88%, supplemental oxygen through nasal catheter could be offered during the training.<sup>60</sup>

During warming, the participant stretched<sup>61</sup> lower limb muscles and pedaled on cycle ergometer (basal load and pedal frequency of at least 45 rpm) for 5 minutes.

Training was conducted using a cycle ergometer with 70% (target load)<sup>26</sup> of the mean peak loads achieved in baseline tests, with the goal of achieving 30 minutes of cycling in this intensity. During target load training, pedal frequency was maintained at 60rpm. Transcutaneous oxygen saturation, blood pressure, heart rate and perceived exertion were evaluated periodically every five minutes. Recovery intervals with decreasing workload to basal level and free pedal frequency were allowed, according to participant tolerance or occurrence of any exercise interruption criterion.<sup>57-59</sup> If the monitoring parameters were within the acceptable values and whether the participant was deemed fit, the pedal in target load was reassumed after two minutes. The total training time in target load was calculated for each session.

Training was conducted for 20 minutes in the first intervention phase week and in incremental testing days, 25 minutes in the second week and 30 minutes beyond the third week of intervention. During target load pedal the participant was encouraged regularly.

Cool down consisted of free pedal frequency on basal workload and also of muscles stretching.<sup>61</sup> As during assessments participants were released when parameters returned to rest values or were close to them.

### Data reduction

Peak workload was determined as the last load in which the participant was able to complete at least 20s of pedaling.<sup>62</sup> Plethysmography waves cuts were made by a blinded examiner for the study phase. In each evaluation the following cuts were made: 1) rest - 30s during steady state; 2) same load - the last 30s of the highest load tolerated for one minute on all baseline tests<sup>29</sup>; 3) peak load - the last minute before peak load of each assessment.

Qualitative analysis of Konno-Mead loops was performed by two examiners, who determined whether or not the loops were acceptable to use the PhAng data on a breath-by-breath base. Respiratory cycles with loops in "8 figure" were excluded from PhAng analysis<sup>47</sup>.

CCF was used to identify which compartment started the respiratory movement.<sup>53</sup>

Variability data was assessed through coefficient of variation of each variable.<sup>63, 64</sup> In order to decrease data variability, PhRIB and PhREB have been undergone to angle transformation to data analysis.<sup>64</sup> When presented as mean $\pm$  standard deviation (SD) these variables were expressed in percentage values.

## Data Analysis

Comparisons of TAM between rest and two levels of exercise (same load and peak load) were performed with ANOVA for repeated measures. This test can be performed in single-subject design when data do not show autocorrelation.<sup>65</sup>

Comparisons of TAM between baseline and intervention phases in two levels of exercise (same load and peak load) were carried out using three methods: Visual Analysis, Two Standard Deviation Band test and Celeration Line test. It was considered as response to intervention results with concordance between Visual Analysis and at least one statistical test.<sup>66</sup>

Visual Analysis was performed by three independent and blinded examiners. For assessing the concordance between each examiners pair<sup>63</sup> Kappa statistics was used,<sup>67</sup> resulting in three Kappa values for each variable. Minimum and maximum (range) values of Kappa statistics of each variable are presented.

Celeration Line compares the rate of change in the outcome variable between consecutive phases, through the determination of a “best-fit” trend line in one phase and the analysis of proportion of points below and above this line in the next phase, according to probability table.<sup>63, 65</sup>

Two Standard Deviation Band test is based on the computation of SD of the baseline data and on the determination of bands containing score within  $\pm 2$  SD from the mean. If at least two consecutive data points of one phase fall outside the range of the 2 SD band of the previous phase, it is considered that a significant change in performance has occurred across the two phases, since the likelihood of such an event occurrence is less than 5%.<sup>63, 65, 66</sup> This test is appropriate when there is no auto-correlation data.<sup>65</sup>

Autocorrelation coefficient was calculated to ensure that the data did not have serial dependence, allowing the ANOVA and Two Standard Deviation Band tests.<sup>65</sup>

For statistical tests the level of significance was set at  $\alpha=0.05$ . For ANOVA, Bonferroni correction was used, modifying the level of significance to 0.017 according to the number of contrasts performed.<sup>68</sup> Data of Kappa statistics and ANOVA were analyzed with the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 13.0, Chicago, IL, USA). Data are present as mean  $\pm$ SD when appropriate.

## RESULTS

One of the three participants was excluded for presenting exacerbation, thus, data from two patients with severe COPD were analyzed. Data from two tests were not analyzed (the first baseline of participant 1 and the fifth test from training of participant 2, due to impossibility to perform the calibration procedure and excessive irregularity of waveforms, respectively).

Data showed no autocorrelation allowing ANOVA and Two Standard Deviation Band tests. Most of variables showed coefficient of variation less than 30%, except CCF during the same load on participant 1, and PhREB during the same load and peak load on participant 2 (coefficient of variation equal to 36.0, 31.6 and 32.4%, respectively).

Table 1 presents spirometric variables,<sup>69</sup> anthropometric data, level of physical activity, dyspnea degree and breathing pattern variables at rest. Excepting spirometric values, data were collected at the first assessment.

Table 2 presents data related to tests (peak load mean of baseline tests, same load, peak load of last test, number of analyzed cycles, cycles presenting Konno-Mead with "8 figure") and training (target load, first session which participant cycling

without recovery intervals, adherence). Phase Angle was not analyzed due to the number of respiratory cycles presenting Konno-Mead loops with "8 figure", particularly during exercise.

On the first analyzed baseline test at rest, participant 1 showed PhAng of  $7.16^\circ$  (45% of cycles with acceptable Konno-Mead loops) and participant 2 of  $26.79^\circ$  (91% of cycles with acceptable Konno-Mead loops).

Regarding the delay between compartments, according to CCF data, participant 1 presented abdominal compartment starting respiratory movement in 79.84% of cycles. Rib cage started respiratory cycles in 6.35% and in 13.81% of the cycles the two compartments started simultaneously. Participant 2 presented AB preceding RC in 84.18% of respiratory cycles, RC started the movement in 2.33% of cycles and the movement was simultaneous in 13.48% of respiratory cycles analyzed.

Figure 1 (panel I) presents a typical example of waveforms at rest (A) and during exercise (B). At rest, the TAM can be considered almost synchronic, occurring only delay between thoracic and abdominal compartments in some respiratory cycles (indicated by dotted lines). During exercise, in addition to delay between compartments, it can be observed asynchrony within the cycles (indicated by arrows). It was also observed that tidal volume waveform during exercise was nonsinusoidal and irregularities appear to be arising out of abdominal compartment. Similar waveforms were observed in both participants, in all tests. The bottom of Figure 1 (panel II) shows examples of Konno-Mead loops with (a, b and c) and without (d) "8 figure".

Table 3 presents asynchronous TAM data at rest and during two exercise levels (same load and peak load) for both participants. Comparisons of TAM between

rest and exercise showed significant increase in PhRIB, PhREB and CCF during exercise, in both participants, without significant differences between two levels of exercise.

Figure 2 presents graphics of TAM variables throughout the study during same load and peak load for both participants, which were the base of Visual Analysis.

Table 4 presents Visual Analysis (with minimum and maximum values of Kappa statistics), Celeration Line and Two Standard Deviation Band results, and the considered response to intervention of each variable during same load and peak load for the two participants. Participant 1 showed significant decrease in PhRIB during same load and in PhREB during peak load, without significant difference in other variables. Participant 2 presented a significant decrease in PhRIB and PhREB during same load and in PhRIB during peak load. No significant change was observed in other variables.

## **DISCUSSION**

The main results of this study were: 1) Comparisons of TAM between baseline and intervention phases in two levels of exercise showed significant decrease in thoracoabdominal asynchrony during same load and peak load; 2) Comparisons between rest and two levels of exercise showed significant increase on asynchronous TAM during same load and peak load, without significant differences between these two levels of exercise.

To the best of our knowledge, the present study was the first one to assess the impact of a lower-limb endurance training program on variables that reflect thoracoabdominal asynchrony during exercise in COPD patients. Comparisons of TAM variables between baseline and training phases showed significant decrease on

thoracoabdominal asynchrony during same load and peak load. This reduction can be considered a positive impact of endurance training, since the presence of asynchronous TAM in patients with COPD was associated with higher severity of the disease, increased risk of respiratory failure and worse prognosis.<sup>10-14</sup>

However, it was observed that the behavior of asynchronous TAM variables throughout the study was not the same for both participants evaluated. This difference can be the result of distinct dynamic hyperinflation patterns reported in literature,<sup>31, 70, 71</sup> since respiratory muscles dysfunction, related to lung hyperinflation, has been described as the main factor responsible for thoracoabdominal asynchrony in patients with COPD.<sup>14, 15, 19, 21, 72</sup> Different thoracoabdominal asynchrony patterns<sup>10, 20, 21</sup> and progression of these patterns during exercise in some patients with COPD<sup>20</sup> may also have contributed to this difference between the participants.

Regarding the different dynamic hyperinflation patterns, Georgiadou et al.<sup>31</sup> assessed the rehabilitation effects on chest wall volume regulation during exercise in 20 COPD patients with COPD. According to change of end-expiratory volume during exercise, 11 patients were characterized by progressive development of dynamic hyperinflation (early hyperinflation) and the remaining patients were characterized by late development of dynamic hyperinflation (late hyperinflation). Comparisons between early hyperinflation and late hyperinflation prior to rehabilitation showed significantly higher peak load during incremental symptom-limited test in early hyperinflation group, despite these patients present obstruction degree and resting hyperinflation significantly higher. The authors also observed in early hyperinflated group significantly higher values of end-expiratory volume of abdominal compartment during all exercise phases before and after rehabilitation.

In relation to different thoracoabdominal asynchrony patterns and progression of these patterns during exercise, Delgado et al.<sup>20</sup> assessed TAM of 40 patients with COPD during progressive exercise on treadmill. The authors observed three patterns of asynchronous TAM which had subdivisions, totaling 5 distinct patterns. It was also noted a progression of patterns with increases in asynchrony during exercise in some patients.

Comparisons between rest and two levels of exercise showed significant increase on asynchronous TAM during same load and peak load, without significant difference between these exercise levels. This result is similar to the observed by Alves<sup>18</sup> that compared the TAM of 22 COPD patients at rest and during three levels of progressive exercise (30-50%, 70-80% and 100% of the largest reached load) performed on a cycle ergometer. The author observed significant increase in asynchronous TAM during all exercise levels, without difference between them.

During exercise, nonsinusoidal waves were observed, showing irregularities from abdominal compartment. This finding was observed in both participants. Similar waves have been observed in COPD patients during spontaneous breathing<sup>10, 22</sup> and exercise.<sup>20, 73</sup> Ashutosh et al.<sup>10</sup> assessed TAM during spontaneous breathing in 30 COPD patients, 16 stable and 14 during exacerbation. Asynchronous TAM was observed in 13 patients, 1 stable and 12 exacerbated. It was observed three types of thoracoabdominal asynchrony, all involving abdominal compartment irregularities: I) AB moved abruptly down-ward at the end of inspiration, moved upward moderately early in expiration and then moved downward slowly in the remaining expiration time. II) Abrupt movement of AB down-ward at the end of inspiration and then upward movement in inspiration III) AB Paradoxical movement.

Delgado et al.<sup>20</sup> observed, in patients with COPD during progressive exercise on treadmill, similar movements of RC among patients but distinct AB movement patterns: I) Synchronic motion or AB preceding RC for 200 a 500 milliseconds in the beginning of respiratory cycle. II) AB moved outward during expiration associated to previous abrupt inspiration movement. In this pattern was also observed double peak of abdominal compartment. III) Paradoxical AB movement during first part of inspiration or entire respiratory cycle. It was also noted that asynchronous TAM was related to underlying pulmonary abnormality and exercise limitation.

Regarding compartments delay, in most cycles analyzed, AB started the respiratory movement. Our results were similar to the few studies that evaluated RC and AB delay. Sackner et al.<sup>15</sup> observed that AB preceded RC in most respiratory cycles in patients with COPD in supine position. Delgado et al.<sup>20</sup> observed that during exercise in some patients with COPD the abdominal compartment preceded the thoracic compartment in the beginning of respiratory cycle.

In relation to rest data, studies presenting PhRIB, PhREB and CCF values in patients with COPD have not been found. PhAng is the TAM variable most often reported in these patients.<sup>15, 18, 19</sup> Our data of PhAng values at rest, related to respiratory cycles with acceptable Konno-Mead loops were quite different, which was similar to previous studies.

Sackner et al.<sup>15</sup> observed, in two experiments, PhAng of  $14.6 \pm 3.1^\circ$  and  $31.9 \pm 24.7^\circ$  in patients with COPD during spontaneous breathing in supine position. Alves<sup>18</sup> observed PhAng of  $11.95 \pm 7^\circ$  in patients with COPD breathing spontaneously in a sitting position. Bloch et al.<sup>19</sup> assessed patients with COPD submitted to lung volume reduction surgery. These authors observed during spontaneous breathing in supine, PhAng of  $45 \pm 37^\circ$  and  $26 \pm 21^\circ$  before and after

surgery, respectively. It was observed a large variability in PhAng mean values among these studies and important variability among subjects of each study, which can be verified by standard deviation values. These intra and inter studies variability may be due to analysis of respiratory cycles based on altered Konno-Mead loops since those authors did not reported the exclusion of “8 figure” Konno-Mead loops during PhAng analysis. In the present study, the large number of “8 figure” Konno-Mead loops was determinant for exclusion of this variable from data analysis.

The developed routine to analyze Konno-Mead waves follows the statement determined by American Thoracic Society<sup>50</sup> which describes that PhAng values are compromised by “8 figures” waves and can be useful for others researches on this field . The results of this study highlight that a rigorous assessment of Konno-Mead waves should be done to exclude “8 figures” waves of PhAng calculation.

Coefficient of variation higher than 30% in some variables can be considered a limitation of this study, since stability of data during baseline is one basic requirement of single-subject design,<sup>74</sup> and biological responses with coefficients of variation above 30% are considered unstable.<sup>64</sup> However, only results that showed agreement between Visual Analysis and, at least, one statistical test were considered as response to training.<sup>66</sup> Moreover, Visual Analysis was performed by three independent and blinded examiners what can be considered another methodological care. In most variables, almost perfect agreement between two of the three examiners was observed (Kappa between 0.81 and 1.00) and in only one variable there was substantial agreement (Kappa between 0.61 and 0.80).<sup>67</sup>

The two studied participants had increased exercise capacity at the end of 12 weeks of training. It may be evidenced by the increase in work load reached in the last incremental test when compared to mean peak load of baseline tests: 16 and 10

watts in participants 1 and 2, respectively. These values are in agreement with results observed in previous studies<sup>25, 27-29, 31</sup> and show that the positive effects of rehabilitation were achieved, which provide optimization of physical performance of patients with COPD.

## **CONCLUSION**

Using a single-subject study experimental design, this study allowed to assess changes on variables that reflects asynchronous TAM over lower-limbs endurance training program in two patients with COPD. The results suggest that despite the exercise highlight the asynchrony in relation to rest, lower-limb endurance training program positively influence thoracoabdominal motion promoting significant decrease on asynchrony during exercise in patients with COPD.

**Table 1: Spirometric variables, anthropometric data, physical activity level, dyspnea degree and breathing pattern variables at rest for the two participants.**

	<b>Participant 1</b>	<b>Participant 2</b>
<b><i>Spirometric variables</i></b>		
<b>FEV<sub>1</sub> (%) *</b>	38.00	38.00
<b>FEV<sub>1</sub>/FVC (%) *</b>	48.28	50.76
<b><i>Anthropometric data</i></b>		
<b>Sex</b>	Man	Man
<b>Age (years)</b>	73	64
<b>Weight (kg)</b>	59.50	55.10
<b>Height (m)</b>	1.63	1.65
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	22.39	20.20
<b><i>Physical activity level</i></b>		
<b>HAP</b>	Moderately active	Moderately active
<b><i>Dyspnea degree</i></b>		
<b>MRC</b>	1	1
<b><i>Breathing pattern variables</i></b>		
<b>tidal volume (ml)</b>	435.69 ± 60.71	519.36 ± 123.12
<b>respiratory frequency (bpm)</b>	23.41 ± 0.97	19.14 ± 1.55
<b>minute ventilation (L/min)</b>	10.23 ± 1.55	9.82 ± 1.73
<b>expiratory time (s)</b>	1.50 ± 0.11	1.82 ± 0.15
<b>inspiratory duty cycle</b>	0.41 ± 0.03	0.42 ± 0.03
<b>mean inspiratory flow (ml/s)</b>	413.56 ± 67.12	388.56 ± 65.19
<b>rib cage motion contribution to tidal volume (%)</b>	64.38 ± 3.36	23.18 ± 1.40

FEV<sub>1</sub>= forced expiratory volume in first second, FVC= forced vital capacity, \* according to Pereira et al.,<sup>69</sup> BMI= body mass index, HAP= Human Active Profile, MRC= Medical Research Council. When appropriated, data are reported as mean ± standard deviation.

**Tabela 2: General results of tests and training.**

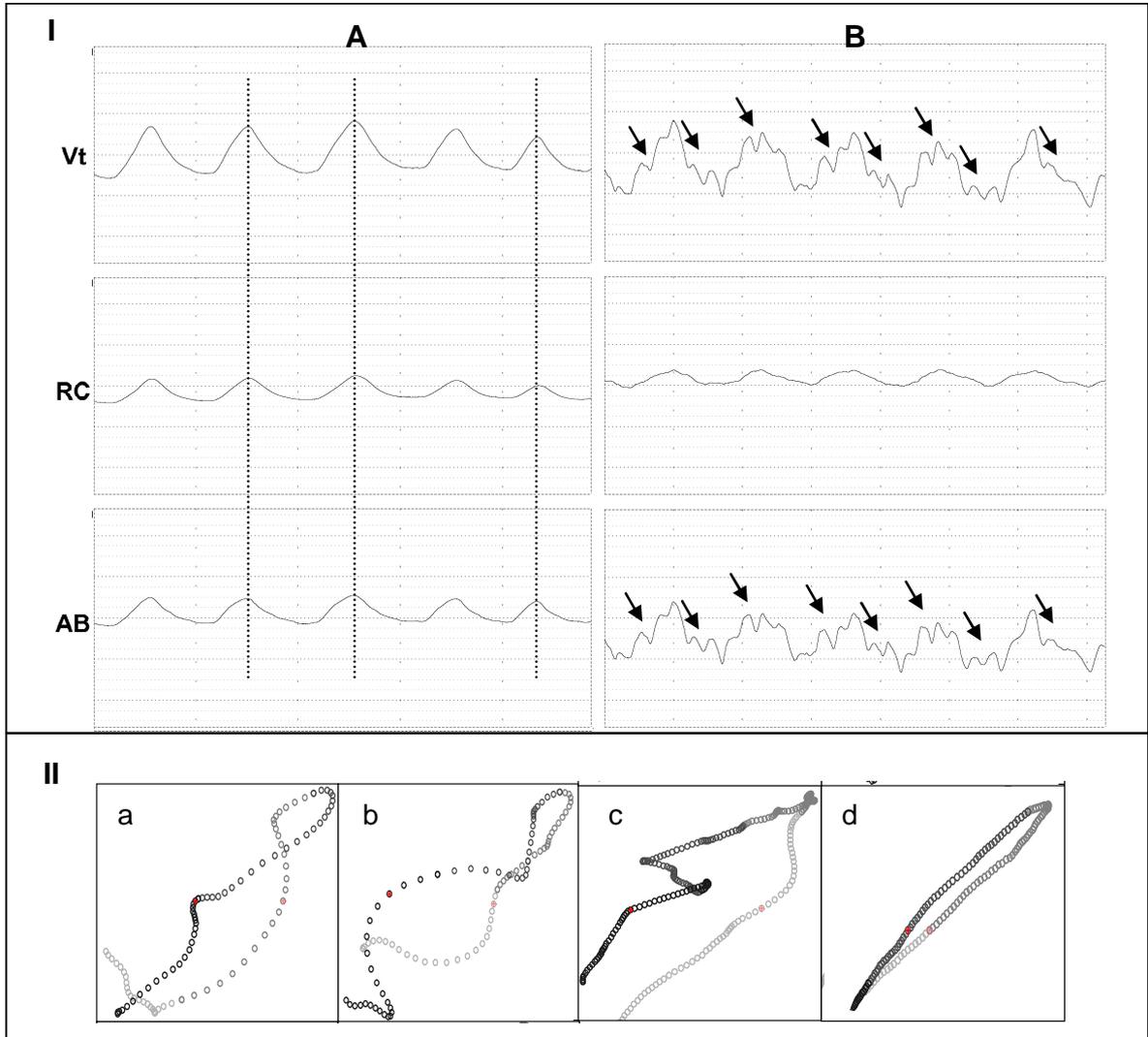
<b>Tests and training Results</b>	<b>Participant 1</b>	<b>Participant 2</b>
<b>Peak load mean of baseline tests</b>	78 watts	75 watts
<b>Same load</b>	55 watts	65 watts
<b>Peak load of last test of intervention phase</b>	95 watts	85 watts
<b>Number of respiratory cycles analyzed</b>	631	613
<b>Cycles presenting Konno-Mead loop with “8 figure” (range)</b>	67% (16-95%)	46% (6-91%)
<b>Target load of training</b>	55 watts	50 watts
<b>First session with cycling without recovery intervals</b>	18 <sup>a</sup> session	8 <sup>a</sup> session
<b>Adherence to training</b>	100%	94%

**Table 3: All tests mean of asynchronous TAM data at rest and during two exercise levels (same load and peak load) for both participants.**

<b>Variables</b>	<b>Rest</b>	<b>Same Load</b>	<b>Peak Load</b>
<i><b>Participant 1</b></i>			
<b>PhRIB (%)</b>	7.10 ± 2.54	19.57 ± 5.06*	22.81 ± 3.80*
<b>PhREB (%)</b>	3.14 ± 1.54	17.16 ± 4.96*	14.88 ± 3.37*
<b>CCF (s)</b>	0.02 ± 0.01	0.10 ± 0.04*	0.12 ± 0.03*
<i><b>Participant 2</b></i>			
<b>PhRIB (%)</b>	5.12 ± 1.25	13.36 ± 3.69*	17.22 ± 3.03*
<b>PhREB (%)</b>	4.56 ± 1.89	9.49 ± 5.10*	11.18 ± 5.37*
<b>CCF (s)</b>	0.01 ± 0.02	0.10 ± 0.03*	0.09 ± 0.03*

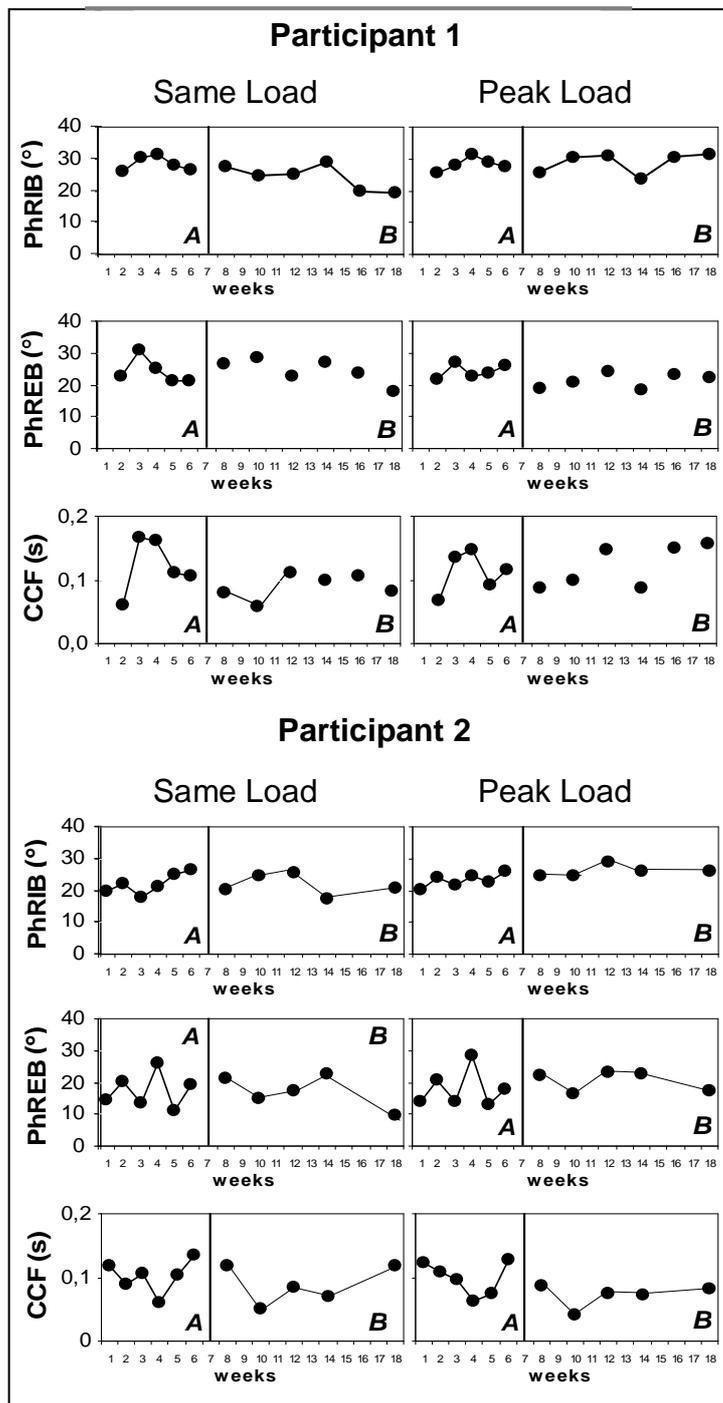
Data are present as mean ± standard deviation. PhRIB= inspiratory phase relation, PhREB= expiratory phase relation, CCF= cross-correlation function, \*= statistical significant difference between rest and the two levels of exercise, considering significant  $p < 0.017$ , according to Bonferroni correction.

**Figura 1: Example of typical waveforms at rest (A) and during exercise (B) on panel I, and Konno-Mead loops with "8 figure" (a, b and c) and without "8 figure" (d) on panel II.**



Vt = Tidal Volume, RC = Rib Cage, AB = Abdomen. The dotted line ( ) allows to verify the compartments delay. The arrows ( ) indicate the irregularities waves.

**Figure 2: Graphics of TAM variables during baseline (A) and intervention (B) phases at rest, same load and peak load on the two participants studied.**



PhRIB = inspiratory phase relation in percentage, PhREB = expiratory phase relation in percentage, CCF = cross-correlation function in seconds, A = baseline phase with periodic assessments weekly during six weeks B= intervention phase with periodic assessments each 15 days, during 12 weeks.

**Table 4: Response to intervention according Visual Analysis, Celeration Line and Two Standard Desviation Band during same load and peak load.**

Methods	Participant 1			Participant 2			Visual Analysis, Kappa=(minimum;maximum)
	PhRIB (°)	PhREB (°)	CCF (s)	PhRIB (°)	PhREB (°)	CCF (s)	
<b>Same Load Response</b>	↓*	---	---	↓*	↓*	---	
<b>VA (Kappa)</b>	↓ (1.0;1.0)	--- (0.3;1.0)	--- (-0.1;1.0)	↓ (1.0-1.0)	↓ (-0.1;1.0)	--- (-0.1;0.6)	
<b>CL</b>	ns	↑*	ns	↓*	↓*	ns	
<b>TSDB</b>	↓*	ns	ns	ns	ns	ns	
<b>Peak Load Response</b>	---	↓*	---	↓*	---	---	
<b>VA (Kappa)</b>	--- (0.2;1.0)	↓ (-0.1;1.0)	--- (1.0;1.0)	↓ (-0.1;1.0)	--- (-0.1;1.0)	↓ (1.0;1.0)	
<b>CL</b>	↓*	↓*	ns	↓*	ns	↑*	
<b>TSDB</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

values of Kappa statistical, CL=Celeration Line, TSDB=Two Standard Deviation Band, PhRIB=phase inspiratory relation, PhREB=phase expiratory relation, CCF=cross-correlation function, ---= without change, ↓= decrease, ↑= increase, \*= statistical significance, considering p<0.05.

**REFERENCE**

1. Global Strategy for the Diagnosis of COPD. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (GOLD) 2007.
2. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Consenso brasileiro sobre doença pulmonar obstrutiva crônica. *J Bras Pneumol* 2004; 30(5), s1-s42.
3. Nici L, Donner C, Wouters E et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006 173(12):1390-413.
4. O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 164(5):770-7.
5. Decramer M. Hyperinflation and respiratory muscle interaction. *Eur Respir J* 1997 10(4):934-41.
6. MacIntyre NR. Muscle dysfunction associated with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care* 2006 51(8):840-7.
7. Sharp JT. The respiratory muscles in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1986 134(5):1089-91.
8. Ferguson GT. Why does the lung hyperinflate? *Proc Am Thorac Soc* 2006 3(2):176-9.
9. Gibson GJ. Pulmonary hyperinflation a clinical overview. *Eur Respir J* 1996 9(12):2640-9.
10. Ashutosh K, Gilbert R, Auchincloss JH, Jr., Peppi D. Asynchronous Breathing Movements in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Chest* 1975 67(5):553-7.
11. Capria ME, D' NC, De Vito EL. Relationship between Hoover sign, functional and variables, and curvature radius in patients with obstructive pulmonary disease. *Medicina B Aires* 2003 63(5):369-76.
12. Garcia-Pachon E, Padilla-Navas I. Frequency of Hoover's sign in stable patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Clin Pract* 2006 60(5):514-7.
13. Gilbert R, Ashutosh K, Auchincloss JH, Jr., Rana S, Peppi D. Prospective study of controlled oxygen therapy. Poor prognosis of patients with asynchronous breathing. *Chest* 1977 71(4):456-62.
14. Sharp JT, Goldberg NB, Druz WS, Fishman HC, Danon J. Thoracoabdominal motion in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1977 115(1):47-56.

15. Sackner MA, Gonzalez H, Rodriguez M, Belsito A, Sackner DR, Grenvik S. Assessment of asynchronous and paradoxical motion between rib cage and abdomen in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1984 130(4):588-93.
16. Tobin MJ, Perez W, Guenther SM, Lodato RF, Dantzker DR. Does rib cage-abdominal paradox signify respiratory muscle fatigue? *J Appl Physiol* 1987 63(2):851-60.
17. Hoover CF. The diagnostic significance of inspiratory movements of the costal margins. *Am J Med Sci* 1920 159:633-46.
18. Alves GS. Padrão Respiratório e Movimento Toracoabdominal de indivíduos com DPOC durante repouso e exercício. *Universidade Federal de Minas Gerais* 2006.
19. Bloch KE, Li Y, Zhang J et al. Effect of Surgical Lung Volume Reduction on Breathing Patterns in Severe Pulmonary Emphysema. *Am J Respir Crit Care Med* 1997 156:553-60.
20. Delgado HR, Braun SR, Skatrud JB, Reddan WG, Pegelow DF. Chest wall and abdominal motion during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1982 126(2):200-5.
21. Gilmartin JJ, Gibson GJ. Mechanisms of paradoxical rib cage motion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1986 134(4):683-7.
22. Tobin MJ, Chadha TS, Jenouri G, Birch SJ, Gazeroglu HB, Sackner MA. Breathing Patterns. 2. Diseased Subjects. *Chest* 1983 84(3):286-94.
23. Rochester CL. Exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *J Rehabil Res Dev* 2003 40(5 Suppl 2):59-80.
24. Pulmonary rehabilitation-1999. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 159(5):1666-82.
25. Spruit MA, Gosselink R, Troosters T, De PK, Decramer M. Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. *Eur Respir J* 2002 19(6):1072-8.
26. Ortega F, Toral J, Cejudo P et al. Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 166(5):669-74.
27. Mador MJ, Bozkanat E, Aggarwal A, Shaffer M, Kufel TJ. Endurance and Strength Training in Patients with COPD. *Chest* 2004 125(6):2036-45.
28. Bernard S, Whittom F, Leblanc P et al. Aerobic and Strength Training in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 159(3):896-901.

29. Porszasz J, Emtner M, Goto S, Somfay A, Whipp BJ, Casaburi R. Exercise training decreases ventilatory requirements and exercise-induced hyperinflation at submaximal intensities in patients with COPD. *Chest* 2005 128(4):2025-34.
30. Ong KC, Chong WF, Soh C, Earnest A. Comparison of different exercise tests in assessing outcomes of pulmonary rehabilitation. *Respir Care* 2004 49(12):1498-503.
31. Georgiadou O, Vogiatzis I, Stratakos G et al. Effects of rehabilitation on chest wall volume regulation during exercise in COPD patients. *Eur Respir J* 2007 29(2):284-91.
32. Casaburi R, Porszasz J, Burns MR, Carithers ER, Chang RS, Cooper CB. Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997 155(5):1541-51.
33. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1995 152(5 Pt 2):S77-121.
34. Covey MK, Larson JL, Wirtz S. Reliability of submaximal exercise tests in patients with COPD. *Chronic obstructive pulmonary disease. Med Sci Sports Exerc* 1999 31(9):1257-64.
35. World Health Organization. Global Database on Body Mass Index: an interactive surveillance tool for monitoring nutrition transition. Internet communication 2004.
36. American College Of Sports Medicine. Triagem de saúde e estratificação dos riscos. In: American College Of Sports Medicine, editor. *Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003 p. 15-21.
37. Pulmonary rehabilitation. *Thorax* 2001 56(11):827-34.
38. Souza AC, Magalhães LCT-SLF. Adaptação transcultural e análise das propriedades psicométricas da versão brasileira do Perfil de Atividade Humana. *Cad Saúde Pública* 22(12), 2623-2636. 2006.
39. Davidson M, de MN. A systematic review of the Human Activity Profile. *Clin Rehabil* 2007 21(2):151-62.
40. Fix AJ, Daughton DM. *Human Activity Profile; Professional Manual*. 1988.
41. Bestall JC, Paul EA, Garrod R, Garnham R, Jones PW, Wedzicha JA. Usefulness of the Medical Research Council (MRC) dyspnoea scale as a measure of disability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1999 54(7):581-6.
42. Hajiro T, Nishimura K, Tsukino M, Ikeda A, Koyama H, Izumi T. Analysis of clinical methods used to evaluate dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1998 158(4):1185-9.

43. Pitta F, Troosters T, Probst VS, Lucas S, Decramer M, Gosselink R. Potential consequences for stable chronic obstructive pulmonary disease patients who do not get the recommended minimum daily amount of physical activity. *J Bras Pneumol* 2006 32(4):301-8.
44. Tobin MJ, Jenouri G, Lind B, Watson H, Schneider A, Sackner MA. Validation of respiratory inductive plethysmography in patients with pulmonary disease. *Chest* 1983 83(4):615-20.
45. Clarenbach CF, Senn O, Brack T, Kohler M, Bloch KE. Monitoring of Ventilation During Exercise by a Portable Respiratory Inductive Plethysmograph. *Chest* 2005 128(3):1282-90.
46. Sackner MA. Diagnostic Techniques in Pulmonary Disease. In: Sackner MA, editor. *Lung biology in healthy and disease*. New York: Marcel Dekker, Inc.; 1980. p. 525-37.
47. Mayer OH, Clayton RG, Sr., Jawad AF, McDonough JM, Allen JL. Respiratory Inductance Plethysmography in Healthy 3- to 5-year-old Children. *Chest* 2003 124(5):1812-9.
48. Nims Inc. RespEvents: Operations Manual For Health Care Practitioners. <http://www.nims-inc.com> 2001.
49. Sackner MA, Watson H, Belsito AS et al. Calibration of respiratory inductive plethysmograph during natural breathing. *J Appl Physiol* 1989 66(1):410-20.
50. Beydon N, Davis SD, Lombardi E et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2007 175(12):1304-45.
51. Rusconi F, Gagliardi L, Aston H, Silverman M. Respiratory Inductive Plethysmography in the Evaluation of Lower Airway Obstruction During Methacholine Challenge in Infants. *Pediatr Pulmonol* 1995 20(6):396-402.
52. Millard RK. Inductive plethysmography components analysis and improved non-invasive postoperative apnoea monitoring. *Physiol Meas* 1999 20(2):175-86.
53. Bruce EN. *Biomedical Signal Processing and Signal Modeling*. John Wiley & Sons, Inc; 2000.
54. Konno K, Mead J. Measurement of the Separate Volume Changes of Rib Cage and Abdomen During Breathing. *J Appl Physiol* 1967 22(3):407-22.
55. Black A.M.S., Millard RK. Assessing thoracoabdominal asynchrony: short communication. *Clinical Physiology* 2000 21(3):383-5.
56. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982 14(5):377-81.
57. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003 15;167(2):211-77.

58. Weisman IM, Zeballos RJ. Clinical exercise testing. *Clin Chest Med* 2001;22(4):679-701, viii.
59. Vieira DSR. Efeitos de um programa de treinamento de *endurance* em paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica: um estudo experimental de caso único. *Universidade Federal de Minas Gerais* 2007.
60. Cooper C. Pulmonary Disease. In: AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, editor. *American College of Sports Medicine Exercise Management for Persons with Chronic Diseases and Disabilities*. Champaign: Human Kinetics: Human Kinetics; 1997. p. 74-80.
61. Taylor DC, Brooks DE, Ryan JB. Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions. *Med Sci Sports Exerc* 1997 29(12):1619-24.
62. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Exercise training in COPD patients: the basic questions. *Eur Respir J* 1997 10(12):2884-91.
63. Portney LG, Watkins MP. Single Subject Designs. In: Portney LG, Watkins MP, editors. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. 2 ed. New Jersey: Prentice-Hall; 2000 p. 223-64.
64. SAMPAIO IBM. *Estatística aplicada à experimentação animal*. 1 ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia; 2002.
65. Ottenbacher K. Statistical Analysis of Syngle System. In: Ottenbacher K, editor. *Evaluate Clinical Change: Estrategies for Occupational and Physical Therapists*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1986 p. 166-95.
66. Barbosa AP, Vaz DV, Gontijo AP, Fonseca ST, Mancini MC. Therapeutic effects of electrical stimulation on manual function of children with cerebral palsy: Evaluation of two cases. *Disabil Rehabil* 2007 21;1-6.
67. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977 33(1):159-74.
68. Munro BH. Differences among group means: one way analyses of variance. In: Munro BH, editor. *Statistical methods for heath care reserch*. Philadelphia: Lippincott; 2000. p. 137-59.
69. Pereira CAC. Espirometria. *J Pneumol* 8[suppl 3], S1-S82. 2002.
70. Aliverti A, Stevenson N, Dellaca RL, Lo MA, Pedotti A, Calverley PM. Regional chest wall volumes during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2004 59(3):210-6.
71. Vogiatzis I, Stratakos G, Athanasopoulos D et al. Chest wall volume regulation during exercise in COPD patients with GOLD stages II to IV. *Eur Respir J* 2008 in press.

72. Gosselink R. Physical therapy in adults with respiratory disorders: where are we? *Rev Bras Fisioter* 2006 10(4):361-72.

73. Puente-Maestu L, Abad YM, Pedraza F, Sanchez G, Stringer WW. A controlled trial of the effects of leg training on breathing pattern and dynamic hyperinflation in severe COPD. *Lung* 2006 184(3):159-67.

74. Celli BR, Rassulo J, Make BJ. Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. *N Engl J Med* 1986 314(23):1485-90.

75. Kazdin AE. *Single-case research designs: methods for clinical and applied settings*. 1 ed. New York: Oxford University Press; 1982.

## Capítulo 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) apresentam, durante repouso e particularmente durante o exercício, movimento toracoabdominal assincrônico, o qual é relacionado à severidade da doença. A literatura descreve importantes efeitos positivos associados ao treinamento de *endurance*, entretanto não foram encontrados estudos que avaliaram a influencia desse treinamento no movimento toracoabdominal em indivíduos com DPOC.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de analisar as repercussões de um programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores sobre as variáveis do movimento toracoabdominal durante o exercício em pacientes com DPOC e, secundariamente, comparar o movimento toracoabdominal durante o repouso e o exercício.

O desenho consistiu de um estudo experimental de caso único com duas fases: A – *baseline*, sem qualquer tratamento, e B – intervenção, na qual foi empregado um programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores. As avaliações periódicas durante teste incremental máximo limitado por sintomas foram realizadas semanalmente por seis semanas na fase A, e a cada 15 dias por 12 semanas na fase B. Variáveis que refletem a assincronia toracoabdominal foram mensuradas por meio de um sistema de pletismografia respiratória por indutância, em dois indivíduos com DPOC grave. Os cortes do traçado foram realizados no repouso e em dois níveis de exercício (isocarga e carga pico).

O resultado observado na comparação entre repouso e dois níveis de exercício foi semelhante ao descrito na literatura, já que houve aumento significativo da assincronia durante o exercício nos dois níveis de exercício, sem diferença significativa entre esses. Também foi observado que a maior assincronia durante o

exercício foi decorrente de irregularidades provenientes principalmente do compartimento abdominal. Esses resultados sugerem que indivíduos com DPOC apresentam uma sobrecarga respiratória durante o exercício, a qual pode ser decorrente da disfunção diafragmática já relatada nesses indivíduos.

A comparação entre as fases de *baseline* e intervenção mostrou diminuição significativa do movimento toracoabdominal assíncrono, indicando um efeito positivo do treinamento de *endurance*. Entretanto, o comportamento das variáveis que refletem a assincronia foi diferente nos dois participantes avaliados. Características individuais parecem ter sido determinantes para essas diferenças. Estudos futuros podem contribuir para esclarecer os fatores que determinam a assincronia toracoabdominal. Seria interessante abordar, juntamente com a avaliação do movimento toracoabdominal, a resistência das vias aéreas, a pressão transdiafragmática, a ativação eletromiográfica dos músculos acessórios da respiração, o grau de hiperinsuflação no repouso, o padrão de desenvolvimento da hiperinsuflação dinâmica, entre outros.

A principal contribuição desse estudo para a prática clínica foi verificar que, apesar do exercício ressaltar a assincronia, o programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores foi capaz de diminuir essa sobrecarga respiratória em indivíduos com DPOC.

## **APÊNDICES**

**1 - Ficha De Avaliação – Teste Incremental**

**2 - Ficha De Avaliação - Treinamento de *Endurance***

**3 - Exemplo do Teste Two Standard Deviation Band**

**4 – Exemplo do teste estatístico Celeration Line**

**APÊNDICE 1 - Ficha De Avaliação – Teste Incremental**

Nome: \_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

**- Antes teste**• PA(mmHg): \_\_\_\_\_ FC (bpm): \_\_\_\_\_ FR(irmp): \_\_\_\_\_ SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_

• Ausculta respiratória: \_\_\_\_\_

• Sintomas: \_\_\_\_\_

• Medicamentos: \_\_\_\_\_

Fase	COLETA		MONITORAMENTO			
	Tempo Inicial	Tempo Final	PA	FC	SpO <sub>2</sub>	Borg
Repouso						
15 W			xxx			
25 W						
35 W			xxx			
45 W						
55 W			xxx			
65 W						
75 W			xxx			
85 W						
95 W			xxx			
105 W						
115 W			xxx			
125 W						
Recuperaç						

**- Pós-teste**• PA(mmHg): \_\_\_\_\_ FC (bpm): \_\_\_\_\_ FR(irmp): \_\_\_\_\_ SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_

• Ausculta respiratória: \_\_\_\_\_

• Realização de desobstrução: ( ) Não ( ) Sim Expectoração: ( ) Não ( ) Sim aspecto:

Observações:

**APÊNDICE 2 - Ficha De Avaliação - Treinamento de *Endurance***

Nome: \_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

**- Antes exercício**

• PA(mmHg): \_\_\_\_\_ FC (bpm): \_\_\_\_\_ FR(irmp): \_\_\_\_\_ SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_

• Ausculta respiratória:

\_\_\_\_\_

• Realização de desobstrução: ( ) Não ( ) Sim Expectoração: ( ) Não ( ) Sim aspecto:

**- Cicloergômetro**

Tempo	PA(mmHg)	FC (bpm)	FR(irmp)	SpO <sub>2</sub>	Borg
Aquecimento (5min)					
5 min					
10 min					
15 min					
20 min					
25 min					
30 min					
Resfriamento (2min)					

• Tempo de treinamento com carga de 70% do máximo = \_\_\_\_\_

Início	Final	Tempo

Tempo  
total: \_\_\_\_\_

• Uso de O<sub>2</sub> durante treinamento: ( ) Não ( ) Sim ( \_\_\_\_\_ l/min)

**- Pós-exercício**

• PA(mmHg): \_\_\_\_\_ FC (bpm): \_\_\_\_\_ FR(irmp): \_\_\_\_\_ SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_

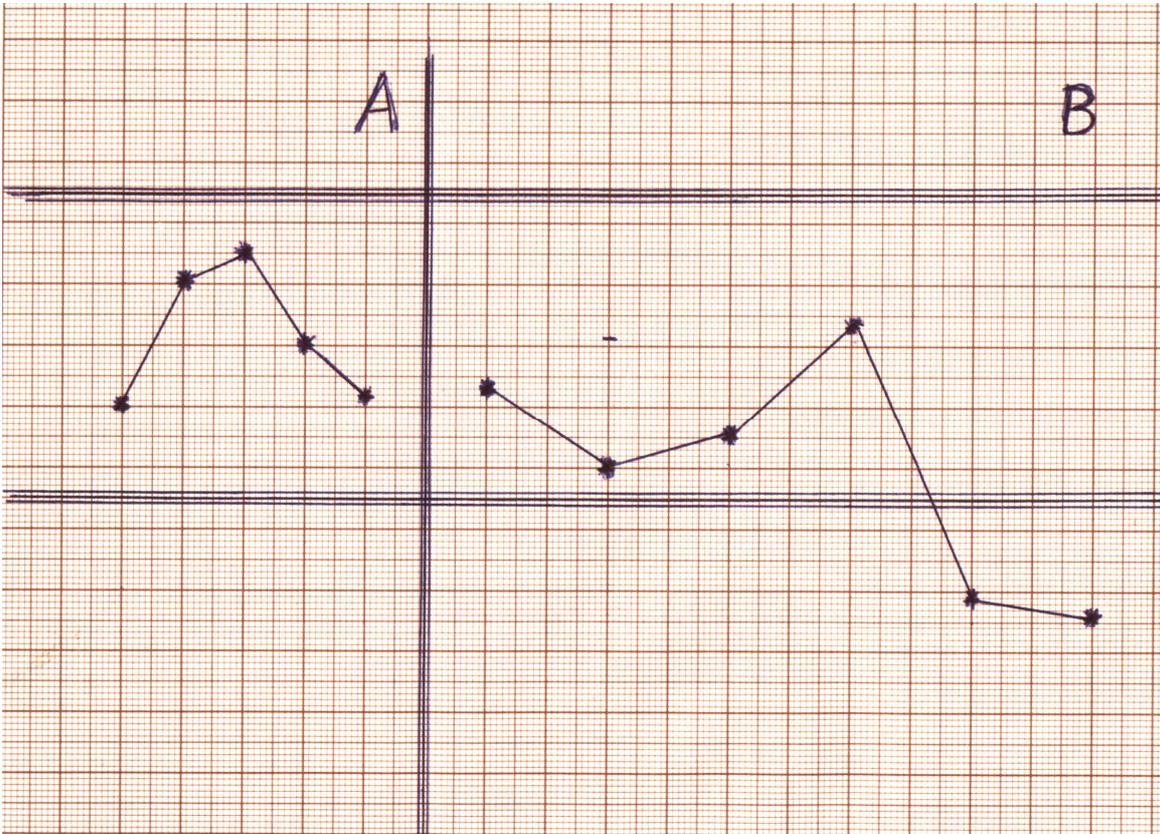
• Ausculta respiratória:

\_\_\_\_\_

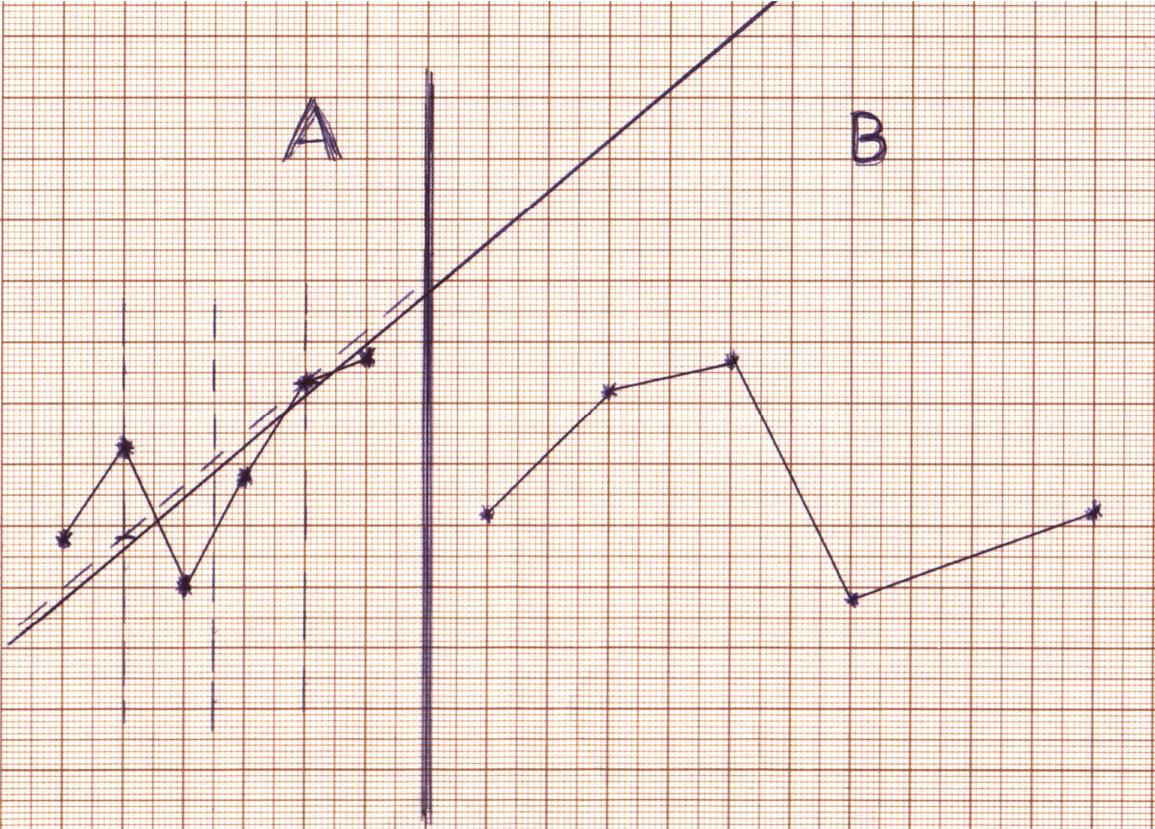
• Realização de desobstrução: ( ) Não ( ) Sim Expectoração: ( ) Não ( ) Sim aspecto:

Observações:

**APÊNDICE 3 – Exemplo do teste estatístico Two Standard Deviation Band**



**APÊNDICE 4 – Exemplo do teste estatístico Celeration Line**



## **ANEXOS**

**1 – Aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG**

**2 - Perfil de Atividade Humana**

**3 – Escala *Medical Research Council***

**4 – Critérios para Interrupção dos Testes**

## **ANEXO 1 - Aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG**

## ANEXO 2 - Perfil de Atividade Humana

Este folheto contém itens que descrevem atividades comuns que as pessoas realizam em suas vidas diárias. Para cada questão, responda “**ainda faço a atividade**” se você consegue realizar tal atividade sozinho quando precisa ou quando tem oportunidade. Indique “**parei de fazer**” a atividade se você conseguia realizá-la no passado, mas, provavelmente, não consegue realizá-la hoje, mesmo se tivesse oportunidade. Finalmente, responda “**nunca fiz**” se você, por qualquer motivo, nunca realizou tal atividade.

ATIVIDADES	Ainda faço	Parei de fazer	Nunca fiz
1. Levantar e sentar em cadeiras ou cama (sem ajuda)			
2. Ouvir rádio			
3. Ler livros, revistas ou jornais			
4. Escrever cartas ou bilhetes			
5. Trabalhar numa mesa ou escrivaninha			
6. Ficar de pé por mais que um minuto			
7. Ficar de pé por mais que cinco minutos			
8. Vestir e tirar roupa sem ajuda			
9. Tirar roupas de gavetas ou armários			
10. Entrar e sair do carro sem ajuda			
11. Jantar num restaurante			
12. Jogar baralho ou qualquer jogo de mesa			
13. Tomar banho de banheira sem ajuda			
14. Calçar sapatos e meias sem parar para descansar			
15. Ir ao cinema, teatro ou a eventos religiosos ou esportivos			
16. Caminhar 27 metros (um minuto)			
17. Caminhar 27 metros sem parar (um minuto)			
18. Vestir e tirar a roupa sem parar para descansar			
19. Utilizar transporte público ou dirigir por 1 hora e meia (158 quilômetros ou menos)			
20. Utilizar transporte público ou dirigir por $\pm$ 2 horas (160 quilômetros ou mais)			
21. Cozinhar suas próprias refeições			
22. Lavar ou secar vasilhas			
23. Guardar mantimentos em armários			
24. Passar ou dobrar roupas			
25. Tirar poeira, lustrar móveis ou polir o carro			
26. Tomar banho de chuveiro			
27. Subir seis degraus			
28. Subir seis degraus sem parar			
29. Subir nove degraus			
30. Subir 12 degraus			
31. Caminhar metade de um quarteirão no plano			
32. Caminhar metade de um quarteirão no plano sem parar			

33. Arrumar a cama (sem trocar os lençóis)			
34. Limpar janelas			
35. Ajoelhar ou agachar para fazer trabalhos leves			
36. Carregar uma sacola leve de mantimentos			
37. Subir nove degraus sem parar			
38. Subir 12 degraus sem parar			
39. Caminhar metade de um quarteirão numa ladeira			
40. Caminhar metade de um quarteirão numa ladeira, sem parar			
41. Fazer compras sozinho			
42. Lavar roupas sem ajuda (pode ser com máquina)			
43. Caminhar um quarteirão no plano			
44. Caminhar 2 quarteirões no plano			
45. Caminhar um quarteirão no plano, sem parar			
46. Caminhar dois quarteirões no plano, sem parar			
47. Esfregar o chão, paredes ou lavar carros			
48. Arrumar a cama trocando lençóis			
49. Varrer o chão			
50. Varrer o chão por cinco minutos, sem parar			
51. Carregar uma mala pesada ou jogar uma partida de boliche			
52. Aspirar o pó de carpetes			
53. Aspirar o pó de carpetes por cinco minutos, sem parar			
54. Pintar o interior ou o exterior da casa			
55. Caminhar seis quarteirões no plano			
56. Caminhar seis quarteirões no plano, sem parar			
57. Colocar o lixo para fora			
58. Carregar uma sacola pesada de mantimentos			
59. Subir 24 degraus			
60. Subir 36 degraus			
61. Subir 24 degraus, sem parar			
62. Subir 36 degraus, sem parar			
63. Caminhar 1,6 quilômetro ( $\pm 20$ minutos)			
64. Caminhar 1,6 quilômetro ( $\pm 20$ minutos), sem parar			
65. Correr 100 metros ou jogar peteca, "voley", "baseball"			
66. Dançar socialmente			
67. Fazer exercícios calistênicos ou dança aeróbia por cinco minutos, sem parar			
68. Cortar grama com cortadeira elétrica			
69. Caminhar 3,2 quilômetros ( $\pm 40$ minutos)			
70. Caminhar 3,2 quilômetros sem parar ( $\pm 40$ minutos)			
71. Subir 50 degraus (2 andares e meio)			
72. Usar ou cavar com a pá			

73. Usar ou cavar com a pá por 5 minutos, sem parar			
74. Subir 50 degraus (2 andares e meio), sem parar			
75. Caminhar 4,8 quilômetros ( $\pm 1$ hora) ou jogar 18 buracos de golfe			
76. Caminhar 4,8 quilômetros ( $\pm 1$ hora), sem parar			
77. Nadar 25 metros			
78. Nadar 25 metros, sem parar			
79. Pedalar 1,6 quilômetro de bicicleta (2 quarteirões)			
80. Pedalar 3,2 quilômetros de bicicleta (4 quarteirões)			
81. Pedalar 1,6 quilômetro, sem parar			
82. Pedalar 3,2 quilômetros, sem parar			
83. Correr 400 metros (meio quarteirão)			
84. Correr 800 metros (um quarteirão)			
85. Jogar tênis/frescobol ou peteca			
86. Jogar uma partida de basquete ou de futebol			
87. Correr 400 metros, sem parar			
88. Correr 800 metros, sem parar			
89. Correr 1,6 quilômetro (2 quarteirões)			
90. Correr 3,2 quilômetros (4 quarteirões)			
91. Correr 4,8 quilômetros (6 quarteirões)			
92. Correr 1,6 quilômetro em 12 minutos ou menos			
93. Correr 3,2 quilômetros em 20 minutos ou menos			
94. Correr 4,8 quilômetros em 30 minutos ou menos			

- EMA (Escore Máximo de Atividade): Numeração da atividade com a mais alta demanda de O<sub>2</sub> que o indivíduo ainda faz, não sendo necessário cálculo matemático.
- EEA (Escore Ajustado de Atividade): EMA – nº de itens que o indivíduo parou de fazer anteriores ao último que ele ainda faz.

<b>Classificação</b>	<b>EAA</b>
Debitado (inativo)	< 53
Moderadamente ativo	53 – 74
Ativo	> 74

**ANEXO 3 – Escala *Medical Research Council***

<b>Escala MRC</b>
0. Tenho falta de ar apenas quando faço esforço físico intenso
1. Tenho falta de ar quando ando apressado mesmo no plano ou quando subo um pequeno morro.
2. No plano ando mais devagar que pessoas da minha idade porque sinto falta de ar ou tenho que parar para respirar quando ando no meu ritmo.
3. Paro para respirar depois de andar cerca de noventa metros ou depois de poucos minutos no plano.
4. A minha falta de ar não me permite sair de casa ou sinto falta de ar ao me vestir ou me despir.
<b>Grau de dispnéia:</b> _____

**ANEXO 4 – Critérios para Interrupção dos Testes**

- DOR TORÁCICA SUGESTIVA DE ISQUEMIA
- MUDANÇAS ISQUÊMICAS NO ECG
- ECTOPIA COMPLEXA (ARRITMIA COMPLEXA)
- BLOQUEIO CARDÍACO DE SEGUNDO OU TERCEIRO GRAU  
ATRASO NA CONDUÇÃO ELÉTRICA INTERMITENTE OU  
COMPLETO, RESPECTIVAMENTE
- QUEDA SIGNIFICATIVA NA PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA (PAS)  
(20 MMHG) OU AUSÊNCIA DE ELEVAÇÃO NA PRESSÃO  
SISTÓLICA COM UM AUMENTO NA INTENSIDADE DO EXERCÍCIO
- HIPERTENSÃO PAS > 250 MMHG E PA DIASTÓLICA > 120 MMHG
- DESSATURAÇÃO SEVERA: SPO<sub>2</sub> < 80%, QUANDO  
ACOMPANHADA DE SINTOMAS E SINAIS DE HIPOXEMIA SEVERA
- AUSÊNCIA DE AUMENTO DA FC COM UMA MAIOR INTENSIDADE  
DO EXERCÍCIO
- PALIDEZ REPENTINA
- PERDA DA COORDENAÇÃO
- CONFUSÃO MENTAL
- VERTIGEM OU QUASE SÍNCOPE
- SINAIS DE INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA

Fonte: AMERICAN THORACIC SOCIETY / AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS, 2003, p. 227.