

**Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Daniela Melillo Martins**

**ATIVAÇÃO MUSCULAR INSPIRATÓRIA DURANTE EXERCÍCIO COM  
LIMIAR DE CARGA INSPIRATÓRIA EM PACIENTES COM  
INSUFICIÊNCIA CARDÍACA**

**Belo Horizonte**  
**2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Daniela Melillo Martins**

**ATIVAÇÃO MUSCULAR INSPIRATÓRIA DURANTE EXERCÍCIO COM  
LIMIAR DE CARGA INSPIRATÓRIA EM PACIENTES COM  
INSUFICIÊNCIA CARDÍACA**

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

Área de concentração: Desempenho Funcional Humano

Orientadora: Profa. Dra. Raquel Rodrigues Britto  
Universidade Federal de Minas Gerais

Co-orientadora: Profa. Dra. Armêle Dornelas de Andrade  
Universidade Federal de Pernambuco

**Belo Horizonte**

**2009**

M39a  
2009

Martins, Daniela Melillo

Ativação muscular inspiratória durante exercícios com limiar de carga inspiratória em pacientes com insuficiência cardíaca. [manuscrito] /Daniela Melillo Martins– 2009.  
96 f., enc.: il.

Orientadora: Raquel Rodrigues Britto

Co-orientadora: Armèle Dorneles de Andrade

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 53-61, 80-83

1. Eletromiografia. 2. Músculos respiratórios. 3. Insuficiência cardíaca.  
4. Exercícios respiratórios - Uso terapêutico I. Britto, Raquel Rodrigues. II. Andrade, Armèle Dorneles. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 615.825

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho...*

*A minha equipe de apoio: papai, mamãe, Fifi, Linão, Pepê e Bebelá. Cada um de vocês, a sua maneira, participou na execução desse trabalho. Minha vida é maravilhosa porque tenho vocês ao meu lado.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a querida Profa. Dra. Raquel Rodrigues Britto pela valiosa orientação e por ter, sabiamente permitido, que eu trilhasse as dificuldades inevitáveis desse caminho. Saio transformada dessa empreitada. Obrigada!

A minha co-orientadora Profa. Dra. Armèle Dornelas de Andrade, pela atenção e interesse em participar com contribuições que foram muito importantes.

A querida Profa. Dra. Verônica Franco Parreira pelo dinamismo, alegria e interesse em contribuir com tanto conhecimento.

À equipe de bolsistas da iniciação científica e estagiários do LabCare pelo convívio e disponibilidade em ajudar.

À Dani Gomes, pelo carinho, atenção e disponibilidade na captação dos pacientes. Desejo todo sucesso pra você!

Aos colegas de mestrado pela amizade, ajuda, solidariedade e por terem dividido angústias e somado conhecimentos.

À Nadja, pela brilhante contribuição, pela paciência nos ensinamentos de informática, que tornaram possível a realização desse trabalho.

Ao meu cunhado Eduardo, por encaminhar seus pacientes com todo o cuidado e interesse. Muito obrigada pela atenção!

À Profa. Dra. Maria Consolação Vieira Moreira pelo interesse em facilitar o acesso aos pacientes.

Aos pacientes, pela confiança e envolvimento na participação da pesquisa.

A todos os professores por que passei até hoje. Vocês iluminam os caminhos.

Aos colegas de trabalho da Newton, pela amizade e solidariedade.

A minha fiel secretária, Marcelina!

Aos meus queridos sogro e sogra por proporcionarem sempre, um ambiente tão harmonioso.

Aos meus queridos cunhados e cunhadas pela amizade imensa que temos.

Ao meu pai por ser meu porto seguro.

A minha mãe pelo zelo e desprendimento em ajudar seja qual for a situação.

Ao meu marido pela compreensão, por acreditar e confiar no meu potencial, mas principalmente por ser meu companheiro.

A minha irmã pela alegria, pelas horas do recreio e pela prontidão em ajudar.

Aos meus filhos por me tornarem uma pessoa muito melhor e mais feliz.

## ΕΠΙΓΡΑΦΕ

*“Yes, we can! ...”*

*Barack Houssein Obama*

## RESUMO

O treinamento muscular inspiratório com Threshold® vem sendo utilizado em pacientes com insuficiência cardíaca (IC), havendo controvérsia em relação aos resultados obtidos com determinada carga em relação à sobrecarga muscular gerada. Desta forma, a avaliação da resposta muscular pode contribuir para a definição dos protocolos de treinamento. **Objetivo:** investigar o nível de ativação muscular do esternocleidomastóideo (ECM) e do diafragma, além das variações no volume corrente (VC), volume minuto (VM), frequência respiratória (FR) e participação dos compartimentos superior e inferior da caixa torácica na geração do volume corrente durante exercício com limiar de carga inspiratória a 30 e a 50% da pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx.</sub>). **Métodos:** dez homens com insuficiência cardíaca, média de idade 52.6 ± 5.6 anos e fraqueza muscular inspiratória (P<sub>Imáx.</sub> <70% predito) foram avaliados pela eletromiografia de superfície (EMGs) calculando-se a RMS (root-mean-square) normalizada pelo repouso, e pela pletismografia respiratória por indutância (PRI) enquanto respiravam sem sobrecarga inspiratória e durante as sobrecargas de 30% e 50% da P<sub>Imáx.</sub> O teste de Friedman seguido pelo teste de Wilcoxon foram utilizados para a comparação das variáveis considerando as situações, duas a duas. **Resultados:** Houve aumento do RMS nas duas cargas, sendo maior na carga de 50% em relação a carga de 30%, tanto no diafragma (101.8% versus 34.9%, p= 0.009) quanto no ECM (302.4% versus 150%, p=0.013) e predominante no ECM em relação ao diafragma nas duas cargas (p<0.05). Não houve variação significativa dos valores de VC, VM e FR entre as diferentes cargas. Foi observada assincronia do padrão respiratório em 4 dos 10 sujeitos durante o exercício com sobrecarga inspiratória. **Conclusão:** O aumento da atividade

eletromiográfica dos músculos respiratórios de indivíduos com IC durante a utilização do Threshold® está relacionada com predomínio de ativação de musculatura acessória e tem relação com o aumento da carga utilizada.

## ABSTRACT

The inspiratory muscular training with Threshold<sup>®</sup> has been used in patients with heart failure (HF), there is still some controversy however still in relation to the results obtained a certain load in relation to the generated muscular overload. In this way, the evaluation of the muscular response may contribute for the definition of the training protocols. **Objective:** to investigate the level of muscular activation of the sternocleidomastoid (SMM) and the diaphragm, besides the variations by tidal volume (VT), minute volume (VM), breathing rate (BR) and involvement of upper and lower compartments of the chest in the generation of tidal volume during exercise with inspiratory load threshold the 30% and 50% of the maximum inspiratory pressure (P<sub>Imáx.</sub>). **Methods:** ten men with heart failure, mean age of 52.6 ± 5.6 years and inspiratory muscular weakness (P<sub>Imáx.</sub> < 70% of the predicted value) were evaluated by the surface electromyography (sEMG) calculated for the RMS (root-mean-square) normalized by the resting time, and by the respiratory inductive plethysmograph (RIP) while they breathed without inspiratory overload and during the overloads of 30% and 50% of the P<sub>Imáx.</sub> The test of Friedman followed the test of Wilcoxon was used by them for the comparison of the variables considering the situations, two to two. **Results:** There was an increase of the RMS in two loads, it being more visible in the load of 50% in relation to the load of 30%, as much in the diaphragm (101.8% versus 34.9%, p= 0.009) as in the ECM (302.4% versus 150%, p=0.013) and predominant in the ECM in relation to the diaphragm in two loads (p<0.05). There was no significant variation of the values of VT, VM and BR between the two different loads. There was asincronia of the respiratory standard in 4 of 10 subjects during the exercise with inspiratory overload. **Conclusion:** The increase of

the electromyographical activity of the respiratory muscles of individuals with HF during the use of the Threshold<sup>®</sup> is related with predominance of activation of accessory muscles and it is associated with the increase of the used load.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
2.1 Conceituação da insuficiência cardíaca e dados epidemiológicos.....	13
2.2 Classificação da insuficiência cardíaca.....	14
2.3 Fadiga e dispnéia: relação dos sintomas com a fisiopatologia.....	16
2.4 O papel da reabilitação pelo exercício físico.....	19
2.5 Justificativa.....	23
2.6 Objetivo do estudo.....	24
<b>CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1 Delineamento do estudo.....	25
3.2 Local de realização do estudo.....	25
3.3 Amostra.....	25
3.3.1 Cálculo amostral.....	26
3.3.2 Critérios de inclusão.....	29
3.3.3 Critérios de exclusão.....	30
3.4 Aspectos éticos.....	30
3.5 Instrumentação.....	31
3.5.1 Testes e Instrumentos de medida das variáveis dependentes.....	31
3.5.1.1 Eletromiografia.....	31
3.5.1.2 Pletismografia respiratória por indutância.....	37
3.5.2 Testes e Instrumentos para caracterização da amostra.....	39
3.5.2.1 Massa corporal e altura.....	39
3.5.2.2 Manovacuometria.....	39
3.5.2.3 Espirometria.....	40

3.5.2.4 Questionário.....	42
3.5.3 Instrumentos para monitorização.....	43
3.5.4 Instrumento para limiar de carga inspiratória.....	43
3.6 Protocolo experimental.....	44
3.7 Análise dos dados.....	49
3.8 Análise estatística.....	51
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO 4 - ATIVAÇÃO MUSCULAR INSPIRATÓRIA DURANTE EXERCÍCIO COM LIMIAR DE CARGA INSPIRATÓRIA EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA.....</b>	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO B – Parecer da Clínica Médica da UFMG.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO C – Ata da defesa.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO D – Parecer de defesa.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO E – Questionário.....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE B – Ficha de avaliação e acompanhamento.....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Insuficiência cardíaca (IC) é definida como uma síndrome clínica, de caráter progressivo, caracterizada pelos sintomas de dispnéia e fadiga, onde a falha do coração em distribuir sangue numa proporção adequada ao requerimento metabólico dos tecidos desencadeia ajustes fisiopatológicos na tentativa do organismo em manter a perfusão tecidual (1-4).

A IC é a via final comum de diversas doenças cardíacas das mais diferentes etiologias (1) e é considerada, hoje, um dos maiores problemas de saúde pública mundial, envolvendo os países desenvolvidos e também aqueles em desenvolvimento (3). As taxas de incidência e prevalência da síndrome na população mundial vem apresentando crescimento (1-3). Tais índices podem estar relacionados ao fenômeno do envelhecimento da população mundial, somado ao tratamento efetivo das doenças coronarianas, da hipertensão e das cardiomiopatias dilatadas que são as principais condições patológicas no mundo ocidental que levam ao desenvolvimento da IC (2).

O papel do treinamento físico na melhora da capacidade de exercício e na qualidade de vida de pacientes com IC é reconhecido pela literatura (5). Por sua vez, dentro do contexto do treinamento físico, a implementação do treinamento muscular inspiratório (TMI) vem recebendo destaque na literatura (6-15).

Os trabalhos que implementaram o TMI em pacientes com IC demonstraram melhora da força muscular inspiratória (6-13,15), na capacidade de exercício (6,8,10,11,12,13), diminuição da dispnéia (6,8,9,10,11,12,13), melhora na qualidade de vida (11,12), melhora na eficiência ventilatória representada pela diminuição na relação ventilação (VE) pela produção de gás carbônico ( $VCO_2$ ) por minuto – VE/

VCO<sub>2</sub> (12), melhora na cinética de captação de O<sub>2</sub> na recuperação do exercício (12), diminuição nos níveis de receptores de agentes pró inflamatórios (13), atenuação da vasoconstrição periférica durante sobrecarga inspiratória e maior vasodilatação periférica durante o exercício com membros (14).

Os protocolos de TMI para indivíduos com IC descritos na literatura, geralmente foram baseados em programas propostos para indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) (6-9,10,11), tendo em vista que esse tipo de treinamento foi inicialmente desenvolvido para essa população (16).

Dornelas de Andrade *et al.* (2005) (17), apontaram a necessidade de investigar diferentes protocolos de TMI na DPOC visto que parâmetros como sobrecarga inspiratória, entre outros, podem influenciar os resultados. Nesse sentido, esses autores investigaram a ativação muscular inspiratória em indivíduos com DPOC durante exercício com limiar de carga inspiratória a 30% da pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx.</sub>) e encontraram uma importante participação de músculos acessórios na execução do exercício.

Considerando as diferenças entre as doenças, IC e DPOC, especificamente sob o foco do TMI e da relevância que tal treinamento vem recebendo no tratamento de indivíduos com IC, torna-se evidente a necessidade de investigações acerca de protocolos de TMI específicos para indivíduos com IC.

A literatura consultada carece de informações sobre ativação muscular em indivíduos com IC realizando exercício com limiar de carga inspiratória e esse trabalho teve como objetivo investigar o comportamento de ativação dos músculos diafragma e esternocleidomastóideo (ECM) em indivíduos com IC durante exercícios com Threshold<sup>®</sup> a 30% e a 50% da P<sub>Imáx.</sub>, por meio da eletromiografia (EMG).

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Conceituação da insuficiência cardíaca e dados epidemiológicos**

A IC é uma síndrome complexa que se manifesta em função de desordens cardíacas de origem estrutural ou funcional que resultam em falhas no enchimento e/ ou na ejeção do sangue ventricular. Conseqüentemente o coração torna-se inábil para suprir adequadamente a demanda sanguínea tecidual (2,4).

Nos Estados Unidos, a IC é o principal problema de saúde pública, com um montante de aproximadamente 5 milhões de pacientes e a estimativa de 550.000 novos casos diagnosticados a cada ano (2). No Brasil, existem aproximadamente 2 milhões de pacientes com IC e 240.000 novos casos diagnosticados anualmente (3).

O Sistema Único de Saúde (SUS) é responsável por aproximadamente 75% do total de internações no país, sendo por isso uma importante fonte de dados sobre morbidades (3). De janeiro a outubro de 2008 houve um total de 223.316 internações por IC em todo o Brasil sendo que 53.191 das internações compreenderam a faixa etária de 40 a 59 anos e 155.705 das internações, a faixa etária de 60 anos ou mais. O tempo médio de internação foi de 6,5 dias incluindo todas as faixas etárias, 6,9 dias para pacientes de 40 a 59 anos e de 6,3 dias para pacientes com 60 anos ou mais. A taxa de mortalidade dos pacientes internados considerando todas as faixas etárias foi de 8,30%, na faixa etária de 40 a 59 anos foi de 6,24% e nos pacientes com 60 anos ou mais foi de 9,09%. Neste mesmo período, o custo com a totalidade das internações por IC foi de aproximadamente 200 milhões de reais. (18) enquanto nos Estados Unidos, no ano de 2005, o custo direto e indireto com o tratamento da IC foi estimado em 27,9 bilhões de dólares (2).

A IC é particularmente mais comum na população acima de 60 anos e tal fato pode ser explicado pela presença de vários fatores de risco para o desenvolvimento de IC nesta população. Os avanços tecnológicos e científicos têm possibilitado aumento da longevidade da população geral e dos cardiopatas no Brasil e no mundo (1,3). Estima-se que em 2025, o Brasil terá a 6ª maior população de idosos do mundo, com 15% de sua população constituída por pessoas com mais de 60 anos (1,3). Diante disso, presume-se que o número de pessoas com IC no Brasil aumentará consideravelmente nos próximos anos, assim como os gastos para o tratamento da doença, tanto no setor público como no privado.

## **2.2 Classificação da insuficiência cardíaca**

No mundo ocidental, a doença arterial coronariana, a hipertensão e a miocardiopatia dilatada apresentam-se como causas importantes para o desenvolvimento da IC (2), sendo que no Brasil, algumas etiologias como a Doença de Chagas continuam merecendo atenção especial (1).

A síndrome da IC pode resultar de distúrbios no pericárdio, miocárdio, endocárdio ou nos grandes vasos, porém a maioria dos pacientes com IC apresentam os sintomas por disfunção no miocárdio do ventrículo esquerdo (2). A IC pode estar associada a um largo espectro de anormalidades da função do ventrículo esquerdo que varia quanto à dimensão ventricular e à fração de ejeção (2). Atualmente, considerando o funcionamento ventricular, a literatura classifica a IC em sistólica (ICS) e diastólica (ICD) (1,2,3) sendo também utilizados em substituição ao último termo, insuficiência cardíaca com função sistólica preservada (ICFSP) e ainda insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada (ICFEP) (3). Na maioria dos

pacientes com IC, as disfunções sistólicas e diastólicas coexistem, porém pacientes que apresentam fração de ejeção normal podem apresentar uma progressão da doença diferente daqueles com valores reduzidos de fração de ejeção (2).

Quanto à classificação da síndrome sob ponto de vista da limitação funcional dos pacientes, o critério da *New York Heart Association* (NYHA) (19) é amplamente utilizado (1-3), estratificando os pacientes em:

Classe Funcional I: pacientes com doença cardíaca mas sem limitação à atividade física. Atividades físicas normais não causam fadiga exagerada, palpitação, dispnéia ou angina.

Classe Funcional II: pacientes com doença cardíaca com leve limitação à atividade física. Sentem-se confortáveis ao repouso, mas atividades físicas habituais resultam em fadiga, palpitação, dispnéia ou angina.

Classe Funcional III: pacientes com doença cardíaca com importante limitação para atividade física. Sentem-se confortáveis ao repouso. Atividades menos intensas que as normais causam fadiga, palpitação, dispnéia ou angina.

Classe Funcional IV: pacientes com doença cardíaca e que sentem desconforto em qualquer nível de atividade física. Sintomas de IC ou angina podem estar presentes mesmo no repouso. Se qualquer atividade física é realizada o desconforto é crescente.

Recentemente a classificação por estágios da doença foi proposta pelo *American College of Cardiology Foundation and American Heart Association* (ACC/AHA) em consideração ao caráter progressivo da doença. Essa classificação permite que estratégias terapêuticas preventivas sejam implementadas além de nortear estratégias terapêuticas adequadas para cada estágio da síndrome (2). Os estágios foram assim estabelecidos:

Estágio A – pacientes sem anormalidades estruturais do coração, mas com alto risco de desenvolver IC devido à presença de fatores de risco.

Estágio B – pacientes com alguma alteração estrutural do coração correlacionada com IC, mas nunca mostraram sinais ou sintomas da IC.

Estágio C – pacientes com alterações estruturais do coração e que tem ou tiveram sintomas ou sinais de IC.

Estágio D – pacientes com alterações estruturais graves no coração e sintomáticos, apesar do uso otimizado da medicação.

A utilização da classificação por estágios deve ser utilizada junto à classificação funcional uma vez que esta fornece informação sobre a severidade dos sintomas nos pacientes que se encontram no estágio C ou D (2).

### **2.3 Fadiga e dispnéia: relação dos sintomas com a fisiopatologia**

Os principais sintomas da IC são a dispnéia e a fadiga (1-4,20) sendo estes resultantes de uma complexa rede fisiopatológica que vai muito além do distúrbio hemodinâmico em si (1,2,4,20-24). A literatura não aponta correlação entre os índices de função cardíaca e a capacidade funcional (1,2,4,20,22,23). O papel dos pulmões na origem dos sintomas tem sido investigado, porém, afastando-se a possibilidade de prejuízos na função pulmonar, as evidências apontam que eles não são a causa da limitação ao exercício (20). A relação entre a produção de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>) pela ventilação (VE) - VE/VCO<sub>2</sub> encontra-se aumentada nos indivíduos com IC durante o exercício (12,13,20), porém sem uma implicação diretamente pulmonar, mas sim, em função de uma baixa pressão parcial de CO<sub>2</sub> arterial ocasionada pela excessiva ventilação pulmonar (20).

Em busca de entendimento sobre o que acarreta os sintomas de fadiga e dispnéia na IC, visto que a função hemodinâmica e pulmonar não esgotam a explicação fisiopatologia dos sintomas, vários estudos foram implementados apontando a existência de anormalidades na musculatura esquelética dos indivíduos com IC (21-23). Em estágios precoces da síndrome, alterações intrínsecas na musculatura estão presentes (20). Sullivan *et al.* (1990) (21) e Drexler *et al.* (1992) (22), demonstraram em indivíduos com IC, a ocorrência de atrofia da musculatura esquelética, diminuição percentual das fibras do tipo I em relação às fibras do tipo II, diminuição da capacidade oxidativa por alterações mitocondriais, além da diminuição do suprimento capilar para as fibras musculares. Trabalhos mais recentes destacam além das alterações musculares, o papel do ergoreflexo desencadeado pela musculatura durante a atividade, o qual deflagra aumento na ventilação e na ativação simpática (20,23). Os ergoreceptores musculares são sensíveis ao trabalho realizado pela musculatura, mas também às mudanças metabólicas ocorridas localmente na musculatura em exercício (20,23). Nos indivíduos com IC esse reflexo encontra-se exacerbado pela baixa capacidade oxidativa muscular durante o exercício, podendo contribuir com a resposta ventilatória exagerada, e com os sintomas da fadiga e dispnéia precoces nessa população (20,23).

A hipótese de que a musculatura respiratória de indivíduos com IC também pudesse estar envolvida na dispnéia ao esforço levou Mancini *et al.* (1991,1992) (25,26) a iniciarem uma série de investigações acerca do assunto. Esses pesquisadores conduziram trabalhos que primeiramente identificaram diminuição nos níveis de oxigênio na musculatura respiratória dos pacientes durante o exercício e demonstraram correlação entre aumento da percepção de esforço com menor força muscular respiratória, menor oxigenação do músculo respiratório e aumento do

trabalho do diafragma. Outros trabalhos deram sequência à investigação dos músculos respiratórios mostrando que a força dos músculos inspiratórios encontra-se diminuída em pacientes com IC (27-29) e que existem alterações na proporção de distribuição das fibras musculares com predomínio das fibras tipo I no diafragma desses pacientes (27).

Discussões recentes ainda envolvendo o papel da musculatura respiratória na determinação dos sintomas da IC giram em torno de um mecanismo reflexo deflagrado pelo diafragma quando o mesmo encontra-se em atividades que lhe causem fadiga, o chamado metabolorreflexo (24).

St Croix *et al.* (2000) (30) demonstraram em sujeitos saudáveis, aumento da atividade simpática no membro inferior em repouso durante a realização de sobrecarga inspiratória até o ponto de fadiga. No ano seguinte, esse grupo de pesquisadores, confirmou a ocorrência de diminuição de fluxo sanguíneo para o membro inferior em repouso juntamente com um aumento de sua resistência vascular periférica durante a realização de exercício com sobrecarga inspiratória (31). Esses pesquisadores atribuíram tais observações ao metabolorreflexo originado no diafragma (31).

A compreensão sobre a interação dos mecanismos reflexos da musculatura periférica e respiratória na determinação da fadiga e dispnéia durante as atividades nos pacientes com IC não está completa e encontra-se em discussão na literatura (11,14,20,23,24,32).

## 2.4 O papel da reabilitação pelo exercício físico

O reconhecimento do papel das alterações musculares na determinação dos sintomas na IC relevou a necessidade da inclusão do exercício físico no tratamento desses pacientes. A revisão sistemática conduzida por Rees *et al.* (2004) (5) mostrou que o treinamento físico de pacientes com IC melhora a capacidade de exercício e a qualidade de vida e a literatura recomenda a reabilitação pelo exercício físico nesses pacientes (1,4,20,23). Por sua vez, dentro do contexto do treinamento físico, a implementação do TMI também vem recebendo destaque na literatura (6-15).

Mancini *et al.* (1995) (6), motivados por achados de um estudo anterior (26), lançaram a questão de que uma modificação na função da musculatura respiratória poderia vir acompanhada por diminuição da dispnéia e implementaram o TMI num grupo de pacientes com IC. Os resultados desse trabalho indicaram relação do aumento da força muscular respiratória com melhora da capacidade funcional (teste de caminhada de 6 minutos) e redução da sensação de dispnéia (escala de Borg), dando suporte aos achados prévios que demonstraram um maior trabalho e menor oxigenação do diafragma em pacientes com IC para uma mesma intensidade de exercício se comparados a sujeitos saudáveis (25,26).

Nesse sentido, uma série de trabalhos (6-15) empregaram o TMI em pacientes com IC e demonstraram melhora da força muscular inspiratória (6-13,15), na capacidade de exercício (6,8,10-13), diminuição da dispnéia (6,8,9-13), melhora na qualidade de vida (11,12), melhora na eficiência ventilatória representada pela diminuição na relação ventilação (VE) pela produção de gás carbônico ( $VCO_2$ ) por minuto -  $VE/VCO_2$  (12), melhora na cinética de captação de  $O_2$  na recuperação do

exercício (12), diminuição nos níveis de receptores de agentes pró inflamatórios (13), atenuação da vasoconstrição periférica durante sobrecarga inspiratória e maior vasodilatação periférica durante o exercício com membros (14).

A maioria dos trabalhos citados sobre TMI em pacientes com IC (6-15) utilizou o aparelho Threshold® com sobrecarga inspiratória de 30% da P<sub>Imáx</sub>. Diferentemente da maioria, Weiner *et al.*, (1999) (8), iniciou o TMI com uma sobrecarga de 15% da P<sub>Imáx</sub>. evoluindo com acréscimos de 5% na sobrecarga até alcançar 60% da P<sub>Imáx</sub>. ao final do primeiro mês do TMI. Por sua vez, Laoutaris *et al.*(2004,2007) (11, 13), utilizaram um dispositivo para sobrecarga chamado Trainair® cuja sobrecarga é dependente do fluxo de ar gerado pelo paciente.

Os protocolos de TMI para indivíduos com IC descritos na literatura consultada, geralmente foram baseados em programas propostos para indivíduos com DPOC (6-11), tendo em vista que este tipo de treinamento foi inicialmente desenvolvido para esta população (16). O QUADRO 1 apresenta uma síntese destes trabalhos. A região sombreada do quadro indica os trabalhos que apresentam em sua bibliografia, trabalhos de TMI para DPOC.

## QUADRO 1

## Síntese dos protocolos de treino da musculatura respiratória de indivíduos com insuficiência cardíaca utilizados na literatura

AUTOR /ANO DE PUBLICAÇÃO	EQUIPAMENTO UTILIZADO	INTENSIDADE DE CARGA	DURAÇÃO DA SESSÃO DE TREINAMENTO	X POR SEMANA	TEMPO TOTAL DO TREINAMENTO
MANCINI <i>et al.</i> (1995) (6)	Hiperpnéia isocápnica	Percentual da capacidade ventilatória sustentada máxima	20 minutos	3	12 semanas
	Threshold®	30% da P <sub>lmáx</sub> .	20 min. (em casa duas sessões de 15 min. 2 x por semana)	3	12 semanas
	Treino de força com válvula de pressão	Pressão inspiratória máxima mantida por 10 seg.	10 repetições	3	12 semanas
JOHNSON <i>et al.</i> (1998) (7)	Threshold®	30% da P <sub>lmáx</sub> .	Duas sessões de 15 min.	7	8 semanas
CAHALIN <i>et al.</i> (1997) (9)	Threshold®	20% da P <sub>lmáx</sub> .	5 a 15 min. Com objetivo de alcançar 15 min. 3 x ao dia	7	8 semanas
WEINER <i>et al.</i> (1999) (8)	Threshold®	Carga inicial - 15% P <sub>lmáx</sub> durante a 1ª semana Acréscimos de 5% na carga a cada sessão até 60% da P <sub>lmáx</sub> . no final do primeiro mês.	30 min.	6	12 semanas
MARTÍNEZ <i>et al.</i> (2001) (10)	Threshold®	30% da P <sub>lmáx</sub> .	15 min.	6	6 semanas
LAOUTARIS <i>et al.</i> (2004) (11)	Trainair® (fluxo dependente)	Treino incremental de resistência 60 % da pressão inspiratória sustentada máxima avaliada a cada sessão de treino	Até apresentar sinais de fadiga	3	10 semanas
DALL'AGO <i>et al.</i> (2006) (12)	Threshold®	30% da P <sub>lmáx</sub> .	30 min.	7	12 semanas
LAOUTARIS <i>et al.</i> (2007) (13)	Trainair®	Treino incremental de resistência - % da pressão inspiratória sustentada máxima avaliada a cada sessão de treino -Grupo carga alta (GCA) 60 % -Grupo carga baixa (GCB) 15%	GCA – até sinais de fadiga GCB – após os primeiros 6 níveis do treino	3	10 semanas
CHIAPPA <i>et al.</i> (2008) (14)	Threshold®	30% da P <sub>lmáx</sub> .	30 min,	7	4 semanas
LAOUTARIS <i>et al.</i> (2008) (15)	Trainair®	Treino incremental de resistência - % da pressão inspiratória sustentada máxima avaliada a cada sessão de treino -Grupo carga alta (GCA) 60 % -Grupo carga baixa (GCB) 15%	GCA – até sinais de fadiga GCB – após os primeiros 6 níveis do treino	3	10 semanas

Assim como a IC, a DPOC culmina com redução da oferta de oxigênio para a musculatura e os pacientes apresentam como principais queixas, fadiga e dispnéia (33). Tanto na IC quanto na DPOC não há relação direta da função do órgão alvo, respectivamente fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) e volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF<sub>1</sub>), com a limitação funcional (33-35). As alterações musculares periféricas nas duas doenças são similares, com redução na proporção das fibras tipo I, diminuição da capacidade oxidativa e acionamento precoce do metabolismo anaeróbico (33-35). Outro achado comum entre as patologias são as alterações na musculatura inspiratória que apresentam características diferentes daquelas desenvolvidas na musculatura periférica. Os músculos inspiratórios nessas doenças apresentam-se com alterações típicas de músculos que se adaptaram ao esforço crônico, com uma maior proporção de fibras tipo I, mas frequentemente acompanhadas de fraqueza muscular (27,34-36). Tais alterações musculares encontradas nas duas patologias estão relacionadas à baixa capacidade funcional (33-35).

Porém uma diferença entre as duas doenças chama atenção quando o foco da discussão é o TMI: diferentemente da IC, na DPOC ocorre o peculiar re-arranjo mecânico da caixa torácica em decorrência da hiperinsuflação pulmonar, dificultando a ação do diafragma e contribuindo para a diminuição na capacidade de geração de força muscular inspiratória (36).

Dornelas de Andrade *et al.*, (2005) (17), motivados pela indefinição sobre qual o melhor protocolo de TMI na DPOC apontaram a necessidade de investigar o comportamento da musculatura diante de parâmetros como sobrecarga inspiratória, uma vez que a literatura apresenta variações nos protocolos de treinamento, gerando resultados variados. Os autores estudaram a ativação muscular inspiratória

em indivíduos com DPOC durante exercício com limiar de carga inspiratória a 30% da P<sub>Imáx</sub>. e encontraram uma importante participação de músculos acessórios na execução do exercício.

A musculatura respiratória, em especial o músculo diafragma, possui como propriedade a plasticidade, e está sujeita aos princípios do treinamento (37). Romer *et al.* (2003) (38) demonstraram que os resultados obtidos de diferentes protocolos de TMI em sujeitos saudáveis foram específicos ao tipo de treino empregado, quanto à capacidade de geração de fluxo e pressão. Considerando a especificidade do treinamento, o TMI melhora a função respiratória nas atividades diárias quando o tipo de padrão de recrutamento muscular durante o treino for similar ao padrão requerido durante as atividades diárias do paciente (39). Diante disso, e considerando que os indivíduos com IC não apresentam a alteração biomecânica observada nos indivíduos com DPOC, é desejável que durante o TMI em indivíduos com IC, a ativação do diafragma seja priorizada.

## **2.5 Justificativa**

A literatura cita vários protocolos de TMI para pacientes com IC (6-15) e a investigação desses protocolos quanto a parâmetros como: intensidade de carga, volume de treinamento, tempo total de treinamento, orientação quanto ao uso do diafragma durante a sobrecarga e seus efeitos, necessitam ser implementados (32). Com o intuito de avaliar o protocolo de TMI mais adequado para essa população, tendo em vista a importância da participação do músculo diafragma no TMI desses pacientes, esse trabalho se propôs a pesquisar o comportamento de ativação do ECM e do diafragma de pacientes com IC e fraqueza muscular inspiratória (P<sub>Imáx</sub>. <

70% do previsto) (7,8,12,14) realizando exercício com limiar de carga inspiratória a 30% e a 50% da P<sub>Imáx</sub>.

## **2.6 Objetivo do estudo**

### Objetivo geral

Avaliar a ativação da musculatura inspiratória de pacientes com IC durante exercício com limiar de carga inspiratória em duas intensidades: a 30% e a 50% da P<sub>Imáx</sub>.

### Objetivos específicos

- Comparar a ativação do diafragma e do ECM em três situações: durante a respiração sem carga e durante os exercícios com limiar de carga inspiratória a 30% e a 50% da P<sub>Imáx</sub>.
- Comparar os valores do volume corrente (VC), volume minuto (VM), frequência respiratória (FR) e participação dos compartimentos superior e inferior da caixa torácica na geração de volume corrente durante a respiração sem carga e durante os exercícios com limiar de carga inspiratória a 30% e a 50% da P<sub>Imáx</sub>.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Delineamento do estudo**

Estudo transversal com desenho de medidas repetidas onde três momentos de registro dos dados foram estabelecidos. O primeiro momento durante a respiração em repouso, o segundo durante exercício com limiar de carga inspiratória a 30% da P<sub>Imáx.</sub> e o terceiro durante exercício com limiar de carga inspiratória a 50% da P<sub>Imáx.</sub>

#### **3.2 Local de realização do estudo**

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).

#### **3.3 Amostra**

A amostra foi composta por 10 homens com IC de etiologia variada, classificados em estágio C segundo ACCAHA e classificação funcional de NYHA II ou III, apresentando P<sub>Imáx.</sub> < 70% do previsto e FEVE < 45% do previsto conforme laudo do ecocardiograma. Ao todo, foram recrutados 24 pacientes do Serviço de Diagnóstico e Tratamento de Insuficiência Cardíaca do Hospital das Clínicas da UFMG e do Centro de Referência de Especialidades da Prefeitura Municipal de

Betim. Foram excluídos 6 pacientes por apresentarem a medida de P<sub>lmáx.</sub> maior que 70% do previsto, 7 pacientes por alterações nas medidas da espirometria e 1 paciente por falha na coleta.

### 3.3.1 Cálculo amostral

O cálculo amostral foi realizado com base num estudo piloto e na literatura (17, 40,41, 51).

A equação utilizada para o cálculo amostral foi a de análise de variância conforme indicado para desenhos de pesquisa que configuram o de medidas repetidas (42):

$$f = \frac{s_m}{s}$$

Onde:  $f$  é o tamanho do efeito,  $s_m$  é o desvio padrão das médias do grupo em torno da grande média e  $s$  é o desvio padrão comum de todos os grupos.

Para o cálculo de  $s_m$  usa-se:

$$s_m = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X}_i - \bar{X}_G)^2}{K}}$$

Onde:  $\bar{X}_i - \bar{X}_G$  significa a diferença da média da variável registrada durante uma medida pela média da variável considerando todas as medidas e  $K$  faz referência ao número de medidas.

Para o cálculo do número amostral considerando a variável ativação eletromiográfica, os dados do trabalho Dornelas de Andrade *et al.* (2005) (17) foram utilizados sendo que esses autores apontaram que uma diferença de 28% no nível de ativação dos músculos respiratórios é significativa.

Portanto, o cálculo do valor  $s_m$  foi:

$$s_m = \sqrt{\frac{(100-128)^2 + (128-128)^2 + (156-128)^2}{3}} = 22,86$$

Para o cálculo de  $s$  foram utilizados os valores obtidos no estudo piloto, uma vez que a exposição do desvio padrão das medidas de eletromiografia de músculos respiratórios não é comum na literatura. Porém, tanto no estudo piloto quanto na própria amostra, existiu uma grande diferença entre o desvio padrão das medidas de ativação do diafragma e das medidas de ativação do ECM.

Considerando os dados do estudo piloto, os cálculos foram os seguintes:

Para o diafragma :

$$f = \frac{22,86}{40} = 0,57, \text{ resultando num } N = 10 \text{ sujeitos.}$$

Para o esternocleidomastóideo :

$$f = \frac{22,86}{250} = 0,091, \text{ resultando num } N = 1.286 \text{ sujeitos}$$

Bancos de dados do Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) do Departamento de Fisioterapia da UFMG foram investigados e os registros das medidas de ativação do músculo ECM apresentam grandes desvios padrão (40,43).

Segundo Türker (1993) (44), é da natureza do sinal eletromiográfico, uma grande variabilidade, e o que se observa nos trabalhos publicados em revistas especializadas, cujo foco é a eletromiografia, são amostras de pequeno número (17,45-50). Diante dessas observações definiu-se o valor de  $N = 10$  para a variável ativação eletromiográfica.

Para as outras variáveis, o mesmo procedimento de cálculo foi adotado. Considerando a variável frequência respiratória foi utilizado o trabalho Shimoya (2005) (41) que apontou como significativa uma variação de 3 incursões respiratórias por minuto (irpm) na frequência respiratória comparando a respiração sem carga e a respiração com sobrecarga inspiratória em sujeitos saudáveis. Nesse trabalho, o desvio padrão comum para a FR foi de 1,5. Para as variáveis VC e VM foi considerado o mesmo trabalho, sendo as variações de aproximadamente 1,6 L no VC e de 10L/min. no VM consideradas significativas comparando a situações de respiração sem carga e com sobrecarga inspiratória. Os desvios padrões comuns para o VC durante a respiração com carga foi de 0,5 e para o VM foi de 6,5. O N calculado para a variável FR foi de 6, para o VC foi de 6 e para o VM foi de 8. Portanto, o tamanho amostral utilizado para este trabalho foi de 10 indivíduos.

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

### 3.3.2 Critérios de inclusão

- Para controlar a influência da idade na PImáx. (51-53) foi considerada a faixa de 40 a 60 anos;
- Diagnóstico de IC há no mínimo seis meses (22);
- FEVE em repouso  $\leq$  45% avaliado pelo ecocardiograma por um período máximo de um ano (6, 8-15);
- Estabilidade clínica há pelo menos três meses (12);
- Medicação com doses otimizadas há pelo menos três meses (12);
- Estar no estágio C de IC segundo diretrizes do *American Collegy of Cardiology/ American Heart Association* (2) e classe funcional da NYHA II ou III (6-15);
- Índice de massa corporal normal ou com indicativo de sobrepeso (18,5 – 29,9 Kg/m<sup>2</sup>) (47,51-57);
- Apresentar insuficiência cardíaca predominantemente sistólica, doenças infecciosas, doenças metabólicas, uso de esteróides ou hormônios (12), problemas ortopédicos ou neurológicos que pudessem interferir na realização do exercício. Angina instável, arritmias não controladas, infarto agudo do miocárdio num período de tempo inferior há 3 meses (10,12);
- Não praticar exercícios físicos regularmente ou participar de programas de atividade física segundo critérios do ACSM (58);

- Apresentar medida de P<sub>lmáx.</sub> < 70% do previsto conforme ao que foi considerado como fraqueza pelos trabalhos que utilizaram o TMI em pacientes com IC (8,12,14);
- Não apresentar indicativo de doença respiratória associada ou pregressa avaliado pelo questionário proposto por Pereira *et al.* (2007) (59) e pelas medidas do Capacidade vital forçada (CVF) e Volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF<sub>1</sub>) abaixo dos limites de normalidade propostos pelos mesmos autores.

### 3.3.3 Critérios de exclusão

- Estado febril (temperatura axilar > 37,5°), presença de tosse ou expectoração, chiadeira ou sintomas de gripe nos 7 dias antecedentes à coleta dos dados (59).
- Incapacidade de compreender ou realizar os protocolos de exercício com limiar de carga inspiratória.

## 3.4 Aspectos Éticos

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG (Parecer ETIC 158/08 – ANEXO A) e pelo Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina da UFMG (ANEXO B).

Após a identificação dos critérios de inclusão e exclusão, todos os voluntários selecionados foram devidamente informados sobre os procedimentos e objetivos

deste estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE A).

### **3.5 Instrumentação**

#### **3.5.1 Testes e instrumentos de medida das variáveis dependentes**

##### *3.5.1.1 Eletromiografia*

O equipamento utilizado para a coleta de dados foi o *Eletromiógrafo EMG System do Brasil LTDA, São Paulo, Brasil*.

A EMG é uma técnica de mensuração de sinais mioelétricos que são originados por variações fisiológicas no estado da membrana da fibra muscular provocadas por algum estímulo que pode ser de natureza elétrica, química ou mecânica (60).

A avaliação eletromiográfica dos músculos respiratórios pode ser realizada pela inserção de eletrodos de agulha na musculatura de interesse, pela fixação de eletrodos no interior do esôfago ou, superficialmente, na pele que recobre a musculatura de interesse (61). A escolha do sistema de captação dos sinais eletromiográficos deve considerar as vantagens e desvantagens presentes em cada técnica.

A eletromiografia de superfície (EMGs) dos músculos respiratórios tem sido utilizada na literatura como alternativa na verificação da ativação muscular (17,45-50, 62, 63).

As vantagens dessa técnica são sua natureza não invasiva e a possibilidade de captar os sinais de um grande número de unidades motoras. Porém a chance de captação de sinais indesejados vindos de musculaturas próximas à musculatura de interesse são maiores. Outro fator de desvantagem é a influência da distância entre o músculo e a superfície da pele onde será fixado o eletrodo. Variações interindividuais na quantidade de gordura subcutânea podem dificultar as comparações de ativação muscular (61).

Quanto às características de validade e confiabilidade das medidas que a eletromiografia de superfície fornece dos músculos respiratórios, a literatura destaca os trabalhos de Sinderby *et al.* (1998) (46), Maarsingh *et al.* (2000) (64), Demoule *et al.* (2003) (48), Duiverman *et al.* (2004) (47).

Demoule *et al.* (2003) (48), num trabalho sobre a validação dos sinais da EMGs do diafragma durante estimulação magnética transcranial, demonstraram não haver diferença significativa entre os tempos de latência decorridos do estímulo transcranial ao primeiro sinal eletromiográfico do diafragma colhido por eletrodos de agulha e de superfície em sujeitos saudáveis. Esses autores afirmam que é possível confiar na medida eletromiográfica de latência de resposta do diafragma pela estimulação magnética transcranial realizada por eletrodos de superfície.

Sinderby *et al.* (1998) (46) investigaram o nível de ativação voluntária do diafragma durante a respiração em repouso e durante várias manobras inspiratórias. Esses autores demonstraram uma forte correlação entre as medidas de ativação muscular do diafragma por eletrodos introduzidos no esôfago e por eletrodos de superfície em indivíduos com DPOC.

Maarsingh *et al.* (2000) (63) investigaram a ativação dos músculos diafragma e intercostais durante a respiração em adultos e em crianças saudáveis através da

EMGS e demonstraram que não existiu diferença significativa das medidas feitas em duas ocasiões diferentes. Esses autores afirmam que a ativação do diafragma e intercostais pela EMGS é uma medida confiável.

Duiverman *et al.* (2004) (47) demonstraram que a EMGs dos músculos respiratórios em sujeitos saudáveis e pacientes com DPOC durante a respiração em repouso e durante a respiração com limiar de carga inspiratória é uma medida confiável e sensível às variações de sobrecarga inspiratória.

De forma geral, a literatura reforça que, para a captação ideal do sinal eletromiográfico de superfície, é fundamental a escolha apropriada da configuração e da localização dos eletrodos, o controle da distância entre eletrodo e músculo de interesse e o controle de interferências de sinais que venham de outros músculos ou de outras fontes (61).

Para a realização das medidas de EMG na presente pesquisa, foi utilizado um equipamento constituído por 8 canais sendo um canal direcionado para a coleta do músculo ECM e outro para a coleta do músculo diafragma. A detecção dos sinais foi feita com eletrodos Double<sup>®</sup> (*Hal Indústria de Comércio LTDA, São Paulo, Brasil*) que são ativos, bipolares, cujo contato é constituído de Prata Cloreto de Prata (Ag/AgCl) e um gel sólido aderente de alta condutibilidade. Nesse modelo de eletrodo, as superfícies de contato (Ag/AgCl) ficam inseridas em um corpo único confeccionado em espuma de polietileno que contém um adesivo medicinal hipoalergênico, sendo fixa a distância entre as superfícies de contato em 21mm (FIG.1).



FIGURA 1 - Eletrodo descartável Double, diâmetros das áreas de contato de 10mm, distância entre os centros das áreas de contato de 21mm, comprimento total de 40mm, largura total de 20mm, uso adulto e pediátrico.

O equipamento condicionou os sinais elétricos com uma filtragem que permitiu a passagem dos sinais com freqüências que variavam de 20Hz a 500Hz. Os sinais foram amplificados em 2000 vezes, sendo feita pelo equipamento em 100 vezes e pelos eletrodos ativos, em 20 vezes. A FIG. 2 mostra o eletrodo (*Medi-Trace 200 Kendall Healthcare/ Tyco – Canadá*) que foi utilizado para o controle das interferências de sinais indesejados. O eletrodo foi fixado em uma região não ativa (processo estilóide) sendo o Índice de rejeição de modo comum  $> 120$  dB.



FIGURA 2 - Eletrodo descartável com contato de Ag/Cl com dimensão de  $1\text{cm}^2$  de área

Para a aquisição e processamento dos sinais foi utilizado um software específico (*AqData*). A plataforma de conversão de dados analógicos para dados digitais foi de 12 bits com uma taxa de amostragem determinada em 2000 Hz para cada canal e retificação do sinal considerando a onda inteira. Foi utilizado um filtro Butterworth de 4ª ordem. A utilização do equipamento para a coleta e processamento dos sinais de ativação muscular seguiu as recomendações da

*International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK)* (64) e da *Surface Electromyography for Noninvasive Assessment of Muscles (SENIAM)* (65).

A análise do sinal da EMG foi feita no domínio do tempo, ou seja, os sinais gerados pelos músculos representaram a atividade desses músculos em função do tempo (61). A quantificação do sinal foi feita por um cálculo eletrônico de média, denominado *Root Mean Square (RMS)*. Esse cálculo representa a raiz quadrada da soma de todos os sinais num determinado intervalo de tempo dividida pelo número dos sinais considerados e vem sendo muito utilizado na literatura (17, 46,61).

Foram analisadas, por meio da EMG, as seguintes variáveis dependentes:

- Nível de ativação muscular – reflete principalmente o número de unidades motoras ativadas (61);
- Nível de ativação muscular do diafragma: Os eletrodos foram posicionados à direita, no 7º ou 8º espaço intercostal , conforme a captação do sinal de maior amplitude, na direção do arco costal, sendo o ponto inter eletrodos posicionado no ponto equidistante da linha axilar e da linha médio claviclar (FIG.3) (17,46,48,50);
- Nível de ativação muscular do ECM: Os eletrodos foram posicionados à direita, na direção das fibras do músculo de forma que o ponto inter eletrodos foi fixado na região do terço inferior da linha que se estende do da borda inferior do processo mastóideo até o centro da fenda externa (FIG.3) (49). A FIG. 4 mostra o registro eletromiográfico do ECM e do diafragma durante três inspirações até capacidade pulmonar total (CPT).



FIGURA 3 - Posicionamento dos eletrodos nos músculos esternocleidomastóideo e diafragma e do eletrodo terra fixado no processo estilóide do membro superior direito.

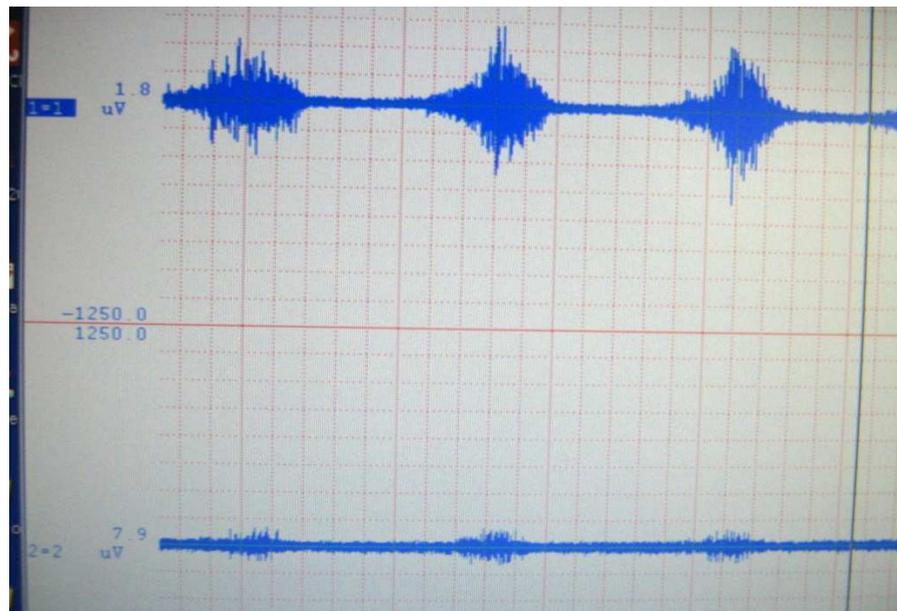


FIGURA 4 – Registro eletromiográfico do esternocleidomastóideo superiormente e do diafragma inferiormente durante três manobras inspiratórias até a CPT

### 3.5.1.2 Pletismografia respiratória por indutância

O equipamento utilizado para a coleta de dados foi o *Pletismógrafo RespiTrace®*, Nims, Miami, FL, USA.

A pletismografia respiratória por indutância (PRI) é uma técnica de monitorização respiratória não invasiva que permite a mensuração dos volumes respiratórios durante o repouso e o exercício assim como componentes do padrão respiratório em função do tempo (66,67).

A validade das medidas realizadas pela PRI de volume corrente, tempo total do ciclo respiratório e ventilação minuto foram demonstradas pelo trabalho de Clarenbach *et al.* (2005) (68). Esses autores avaliaram parâmetros respiratórios em indivíduos saudáveis, pacientes com DPOC e pacientes com IC durante exercício progressivo na esteira. Um pneumotacógrafo acoplado a um bocal foi utilizado como método de referência e não foram observadas diferenças significativas entre as medidas fornecidas pela PRI e pelo pneumotacógrafo.

Grossman *et al.* (2006) (69) testou a confiabilidade intra indivíduo nas variações do volume corrente e frequência respiratória durante a respiração em repouso e durante o exercício em indivíduos saudáveis. Os resultados das medidas ao longo do tempo apresentaram uma boa correlação.

As medidas geradas pela PRI refletem as mudanças na área de secção transversa do tórax e do abdômen que são captadas por 2 faixas de indutância.

As faixas são compostas por duas partes elásticas finas e aderidas que envolvem um fio transdutor disposto de forma sinusoidal envolvido por material plástico (67,70). A faixa superior fica posicionada em torno do tórax, na altura da axila, e a inferior na altura da cicatriz umbilical (71).

Os transdutores das faixas detectam a variação na área de secção transversa decorrente dos movimentos da caixa torácica e do abdômen e transmitem, através dos cabos conectados às faixas, a informação do movimento como sinal elétrico para o equipamento. Os sinais elétricos por sua vez, são captados e transformados em unidade de volume após o adequado procedimento de calibração do equipamento. A indutância de cada faixa é registrada pelo equipamento que fornece o registro de 3 curvas, sendo uma correspondente ao deslocamento da caixa torácica, outra do abdômen, e a outra reflete o somatório desses dois sinais, correspondendo ao volume corrente (72).

Para a coleta dos dados da PRI foi utilizado um procedimento de calibração denominado *Qualitative Diagnostic Calibration* onde os ganhos elétricos dos canais da caixa torácica e do abdômen, durante a respiração espontânea, são equilibrados (73,74,75). Em seguida esses sinais foram comparados com o emissor de um espirômetro (*Vitatrace Pro Médico, Rio de Janeiro, Brasil*) para que fosse alcançada uma equivalência, sendo permitida a visualização das unidades de volume em valores absolutos (73). Através de um sistema de aquisição digital (*RespiEvents 5.2, Nims*) os registros puderam ser visualizados em tempo real e gravados no computador.

Foram analisadas as seguintes variáveis pela PRI:

- Volume Corrente: volume de ar mobilizado pela respiração a cada ciclo respiratório;
- Volume minuto: volume de ar mobilizado pela respiração no intervalo de 1 minuto;
- Frequência respiratória: número de ciclos respiratórios realizados no intervalo de 1 minuto;

- Participação dos compartimentos superior e inferior da caixa torácica na geração do volume corrente.

### 3.5.2 Testes e instrumentos para caracterização da amostra

#### 3.5.2.1 *Massa corporal e altura*

Foi utilizada para aferir a massa corporal e a estatura dos indivíduos a balança mecânica da marca *Filizola ind. LTDA, São Paulo, Brasil*. Esses dados foram utilizados para calcular o IMC, o qual é determinado pela divisão do peso pela altura ao quadrado ( $\text{Kg/m}^2$ ) (76).

#### 3.5.2.2 *Manovacuometria*

As medidas de  $\text{P}_{\text{Imáx}}$  foram realizadas por meio de um manovacuômetro analógico da marca *GeRar<sup>®</sup>, São Paulo, Brasil*, com intervalo operacional de  $\pm 300$   $\text{cmH}_2\text{O}$ . O manovacuômetro foi conectado a uma traquéia de plástico de 16 centímetros de comprimento de 2,4 centímetros de diâmetro interno. A extremidade da traquéia foi conectada a um bocal de plástico rígido que possuía um orifício de fuga de 2mm de diâmetro para prevenir o fechamento da glote durante a manobra de  $\text{P}_{\text{Imáx}}$ . (61).

A validade das medidas das pressões respiratórias máximas foi demonstrada pelo trabalho de Hamnegard *et al.* (1994) (77) que compararam as medidas de pressão geradas por um transdutor de pressão às geradas por um manovacuômetro

portátil em indivíduos saudáveis e pacientes com doença respiratória. Esses autores não encontraram diferenças significativas.

McConnell *et al.* (1999) (57) demonstraram a reprodutibilidade das medidas de pressões respiratórias máximas em sujeitos saudáveis, verificando que no intervalo de uma semana as medidas apresentaram bons coeficientes de reprodutibilidade.

As medidas das pressões respiratórias foram realizadas com os indivíduos sentados, utilizando clip nasal e mantendo o bocal firme entre os lábios, evitando o vazamento de ar durante a manobra. Os indivíduos foram orientados verbalmente sobre a manobra e assistiram a realização de uma manobra pelo examinador. Já com o bocal, expiraram até o volume residual e, posteriormente, geraram um esforço inspiratório máximo contra a via aérea ocluída. Foram realizadas no mínimo 3 manobras aceitáveis, ou seja, com sustentação da pressão por no mínimo 1 segundo, sem vazamentos de ar e variação inferior a 10% entre elas, sendo que a última manobra não poderia ser a de maior valor. Um intervalo de 1 minuto foi dado entre as manobras e o maior valor obtido foi considerado para a caracterização do sujeito (51).

A equação proposta por Neder *et al* (1999) (51) foi utilizada como referência para o cálculo do valor previsto de P<sub>Imáx</sub> (51) :

$$\text{Homens: } y = -0,80(\text{idade}) + 155,3$$

### 3.5.2.3 Espirometria

A espirometria foi realizada com o equipamento da marca *Vitalograph*<sup>®</sup> 2120, *Ennis, Ireland*. Este é um teste que permite medir o volume de ar inspirado e

expirado e os fluxos respiratórios, sendo especialmente útil na análise dos dados derivados da manobra expiratória forçada (78). O equipamento Vitalograph® cumpre com as normas internacionais de espirometria e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (78, 79) e deve ser diariamente calibrado para que haja validade e confiabilidade nas medidas geradas (78,79).

Antes dos procedimentos de cada teste o equipamento foi calibrado conforme orientações do seu manual (79) e o limite de acurácia empregado foi o de  $\pm 3,5\%$  (78).

O paciente ficou sentado, com o tronco apoiado e a cabeça na posição neutra durante a realização das manobras. Inicialmente foram dadas as orientações quanto a realização da manobra, que foi demonstrada pelo avaliador. O paciente manteve os lábios firmemente posicionados ao redor do bocal e usou um clip nasal para que vazamentos fossem evitados. Toda a manobra foi realizada com o indivíduo respirando dentro do circuito (78, 80).

Foram aceitas as manobras que apresentaram um volume retroextrapolado  $< 150$  ml, pico de fluxo expiratório com variação menor que 10% do maior pico de fluxo alcançado entre as manobras e duração de aproximadamente 6 segundos de expiração forçada (78,80).

Os testes foram realizados até que fossem alcançadas três manobras aceitáveis com pelo menos duas reprodutíveis, ou seja, os valores CVF e VEF<sub>1</sub> não diferissem mais que 150 ml entre elas. Os maiores valores de CVF e VEF<sub>1</sub> foram selecionados. Foram dados intervalos de 1 minuto entre as manobras e o número máximo de manobras implementadas foi de 8 (78-80).

O trabalho de Pereira *et al.* (2007) (59) foi utilizado como referência para o cálculo dos valores previstos da CVF e do VEF<sub>1</sub> assim como o cálculo para os limites de normalidade:

Homens:

$$\text{CVF} = \text{estatura (cm)} \times 0,0599 - \text{idade} \times 0,0213 - \text{peso (Kg)} \times 0,0106 - 3,748$$

$$\text{Limite inferior para CVF} = \text{valor previsto} - 0,91$$

$$\text{VEF}_1 = \text{estatura (cm)} \times 0,0398 - \text{idade} \times 0,0257 - \text{peso (Kg)} \times 0,0077 - 1,201$$

$$\text{Limite inferior para VEF}_1 = \text{valor previsto} - 0,76$$

#### 3.5.2.4 Questionário

Para a avaliação dos pacientes e controle de possíveis problemas respiratórios foi utilizado um questionário citado por Pereira *et al.* (2007) (59) em estudo sobre valores de referência para espirometria. Esses autores utilizaram o questionário com o intuito de controlar a ocorrência de doenças respiratórias. O questionário que está representado no ANEXO C é uma adaptação de um questionário proposto pela *American Thoracic Society/ Division of Lung Diseases*.

O questionário foi usado conjuntamente com os dados da espirometria para controlar a ocorrência de problemas respiratórios.

### 3.5.3 Instrumentos para monitorização

Foram aferidas a pressão arterial (Esfigmomanômetro *Tycost*<sup>®</sup>, *Anden, North Carolina, USA*) a frequência cardíaca (Estetoscópio *Littmann Classic 2, St. Paul, MN, USA*) e a saturação periférica da hemoglobina pelo oxigênio (SatHbO<sub>2</sub>)(Oxímetro de pulso *Datex-Ohmeda, Lousiville, CO, USA*) para monitorização do paciente antes da aplicação dos testes e após o protocolo de coleta.

### 3.5.4 Instrumento para limiar de carga inspiratória

Foi utilizado o *Threshold*<sup>®</sup> *IMT, NJ, USA*, que é um aparelho usado para o TMI, amplamente divulgado na literatura (FIG. 5) (6-15). Ele permite sobrecarga inspiratória de forma linear, independente das variações de fluxo geradas pelo usuário durante o exercício (81). A sobrecarga é dada em unidades de pressão (cmH<sub>2</sub>O) que variam de -7cmH<sub>2</sub>O a -41cmH<sub>2</sub>O com incrementos de 2 em 2 cmH<sub>2</sub>O (81).

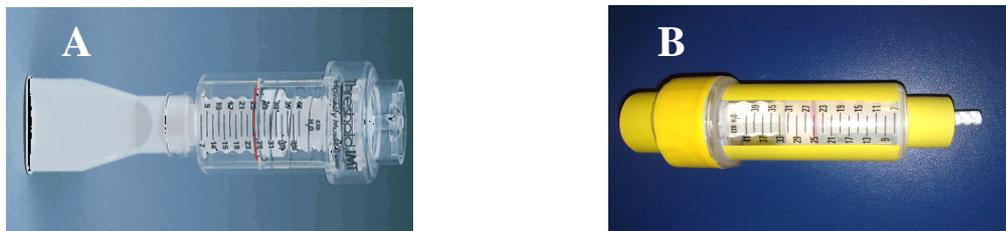


FIGURA 5 - Aparelho *Threshold*<sup>®</sup> *IMT*. Aparelho com o aparato da mola interna e a válvula por onde passa o ar. O êmbolo interno, componente que suporta a válvula, permite a abertura da mesma somente depois de atingida a pressão limiar (A) e aparelho sem o aparato da mola interna para a realização da respiração sem carga (B).

### 3.6 Protocolo experimental

Os pacientes foram pré selecionados, nos serviços ambulatoriais citados, através das informações médicas registradas nas papeletas e quando necessário, por informações fornecidas pelo próprio médico ou pelo estudante de medicina responsável. Foram considerados candidatos potenciais, os pacientes que preenchiam os critérios de inclusão: idade, tempo de diagnóstico de IC, FEVE, estabilidade clínica, medicação otimizada, estágio da IC, peso corporal, tipo de IC, doenças respiratórias. A partir daí, fez-se o contato telefônico com o candidato, que era esclarecido quanto ao teor da pesquisa, questionado sobre outros parâmetros de inclusão e, se fosse o caso, convidado a participar da pesquisa.

A avaliação para a caracterização do sujeito e a coleta dos dados oriundos do protocolo foram feitos num único momento pelo mesmo avaliador. Primeiramente foram dadas informações sobre os testes a serem realizados e após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – Apêndice A), prosseguiram as avaliações. Foi realizada a aferição da altura e da massa corporal por meio de uma balança calibrada, para o cálculo do IMC. Em seguida os participantes foram questionados sobre as medicações em uso, sobre o grau de limitação funcional para a caracterização da NYHA, e o questionário para controle de doenças respiratórias foi aplicado (ANEXO C).

A verificação de parâmetros de monitoramento foi realizada considerando as características típicas de descompensação da IC (82). Foram monitorados Pressão arterial (PA), Frequência Cardíaca (FC), SatHbO<sub>2</sub>, Ausculta Pulmonar (AR), antes da continuidade dos testes ( APÊNDICE B - Ficha de avaliação e acompanhamento).

O passo seguinte foi a realização da espirometria para a caracterização da CVF e do  $VEF_1$ . Antes de iniciar o teste o paciente foi posicionado numa cadeira fixa, com os pés e o tronco apoiados a  $90^\circ$  e foi orientado verbalmente sobre a realização da manobra do teste. O examinador realizou uma manobra do teste para a observação do paciente e este experimentou a respiração com o clip nasal e com os lábios no bocal de modo a atentar-se para a não ocorrência de vazamentos. O paciente realizou a manobra do teste sob o estímulo verbal do examinador, observando a formação da curva fluxo x volume na tela do computador com o intuito de facilitar o procedimento. Foram dados intervalos de 1 minuto entre as manobras e o teste foi interrompido assim que as curvas aceitáveis para o cálculo foram conseguidas, sendo estabelecido no máximo, oito manobras de teste. Após a espirometria, se os valores da CVF e  $VEF_1$  estivessem dentro dos limites de normalidade (59), o sujeito passava por um período de repouso na posição sentada por aproximadamente 30 minutos. Em sequência, foi implementada a medida da  $PI_{m\acute{a}x}$ . Novamente o sujeito manteve-se sentado, com os pés e o tronco apoiados a  $90^\circ$ , onde foi orientado verbalmente sobre a realização da manobra e visualizando a execução da manobra pelo examinador. O teste foi interrompido assim que eram obtidas três manobras aceitáveis e reprodutíveis. Foi dado o intervalo de 1 minuto entre as manobras e estabelecido um número máximo de 10 manobras. Caso o valor da  $PI_{m\acute{a}x}$  estivesse abaixo de 70% do previsto (8,12,14), o paciente passava por um outro período de repouso de aproximadamente 30 minutos, assentado confortavelmente numa poltrona. Nesse intervalo de tempo os eletrodos da EMG foram posicionados assim como as faixas da PRI, sendo que os sinais da EMG já se apresentavam visíveis na tela do computador. Para a colocação dos eletrodos foi realizado o procedimento de fricção da pele com álcool a 70% (65). Para a localização da região ideal de

colocação dos eletrodos do diafragma, o paciente foi orientado a inspirar até a CPT de modo a permitir o posicionamento dos eletrodos no local onde o sinal apresentasse a maior amplitude (46). A localização variou entre o sétimo ou o oitavo espaço intercostal. Todos os eletrodos foram posicionados do lado direito do paciente e fixados com *Fita Micropore™*. Em seguida foi executado o procedimento de calibração da PRI com o paciente já posicionado para a realização do protocolo e orientado a manter a posição (confortavelmente recostado na poltrona a aproximadamente 60°, cabeça, braços e pés apoiados). Após o período de repouso, foi mostrado para o paciente o aparelho Threshold® e esclarecido seu mecanismo de funcionamento. O paciente também foi esclarecido sobre o protocolo de exercício que seria executado e experimentou fazer o exercício com limiar de carga inspiratória a 30% e a 50% de sua P<sub>l</sub>máx, com o clip nasal. A intenção foi permitir que o paciente se familiarizasse com a tarefa e se sentisse seguro para a realização do protocolo. Foram realizadas, neste treino prévio, o máximo de 10 inspirações em cada carga.

O protocolo foi realizado com o paciente mantendo o posicionamento citado, segurando o Threshold® com a mão esquerda (foi colocado um apoio na altura do cotovelo esquerdo para que o membro superior ficasse bem posicionado) e usando o clip nasal. A sequência de exercício iniciou com um minuto de respiração pelo Threshold® sem a carga, ou seja, sem o aparato da mola e a membrana plástica, com o paciente sendo orientado a respirar “naturalmente”. A respiração com o Threshold® sem carga foi adotada para que houvesse o controle da influência do bocal na ativação dos músculos respiratórios (17). Essa fase foi nomeada respiração sem carga e os valores gerados foram utilizados como referência para comparação com os valores de ativação muscular nas fases posteriores. Portanto, a

normalização dos dados da eletromiografia foi feita durante a respiração sem carga (17). Em seguida, foi dado intervalo de um minuto com respiração espontânea. A próxima fase teve duração de três minutos quando o paciente realizou o exercício com a carga de 30% ou de 50% da P<sub>Imáx.</sub>, conforme sorteio realizado. Os níveis de carga foram escolhidos considerando a literatura sobre TMI em IC (7,8,10,12,14). Na sequência, seguiram mais 3 minutos de respiração espontânea e a última fase, novamente com duração de 3 minutos, o paciente realizava o exercício com a carga restante (FIG. 6). Durante a respiração com a carga, o paciente foi orientado a respirar de modo a gerar uma força suficiente para fazer o ar entrar no aparelho, sem uma orientação de um padrão respiratório específico. A escolha do tempo de exercício de 3 minutos foi baseada na literatura (17) e no estudo piloto que indicou que os pacientes necessitam de um período de tempo para estabilizarem o padrão respiratório durante a sobrecarga inspiratória. No trabalho de Dornelas de Andrade *et al.* (2005) (17) foram utilizados 5 minutos de exercício com a sobrecarga inspiratória. Porém, no estudo piloto, quando utilizado 5 minutos de exercício, os pacientes queixaram dispnéia e não conseguiram completar o tempo, sendo adotado portanto o tempo de 3 minutos.

A registro dos dados se deu continuamente ao longo de todo o período de coleta, ou seja, foram 11 minutos de registro contínuo dos dados da EMG e dos dados PRI. Os equipamentos funcionaram simultaneamente e os registros dos traçados de ambos puderam ser acompanhados continuamente (FIG.7). Posteriormente, no processamento dos dados, os registros da EMG e da PRI foram sincronizados pelo *software MATLAB®* (MathWorks Inc, Natick, MA, US).

Ao final da coleta, os parâmetros de monitoramento de FC e PA foram novamente avaliados antes da liberação do paciente.

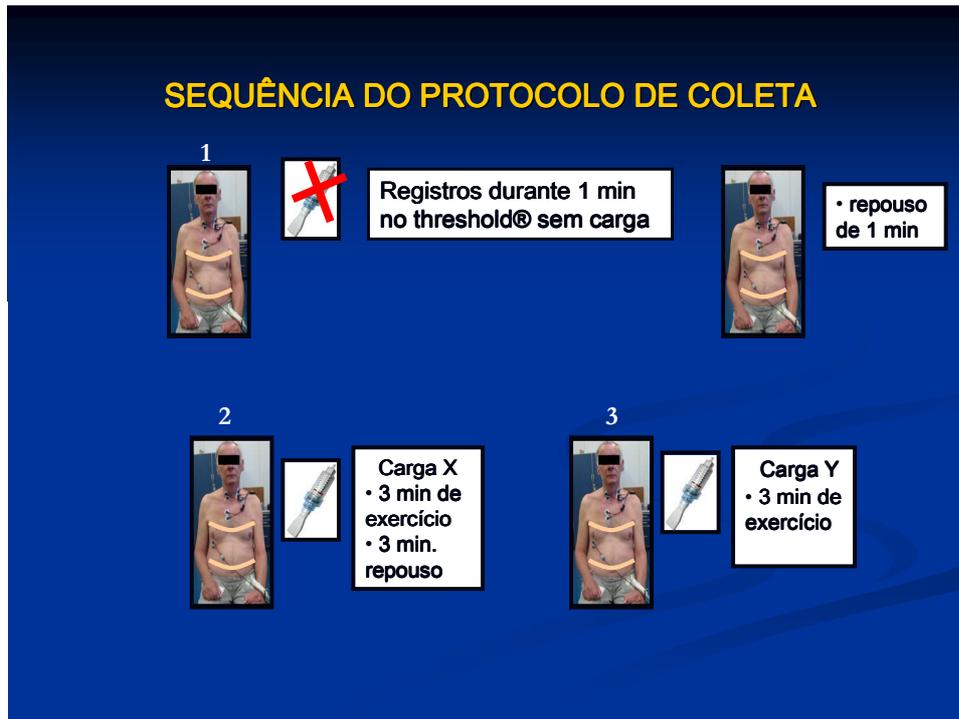


FIGURA 6 – Sequência do protocolo de coleta.

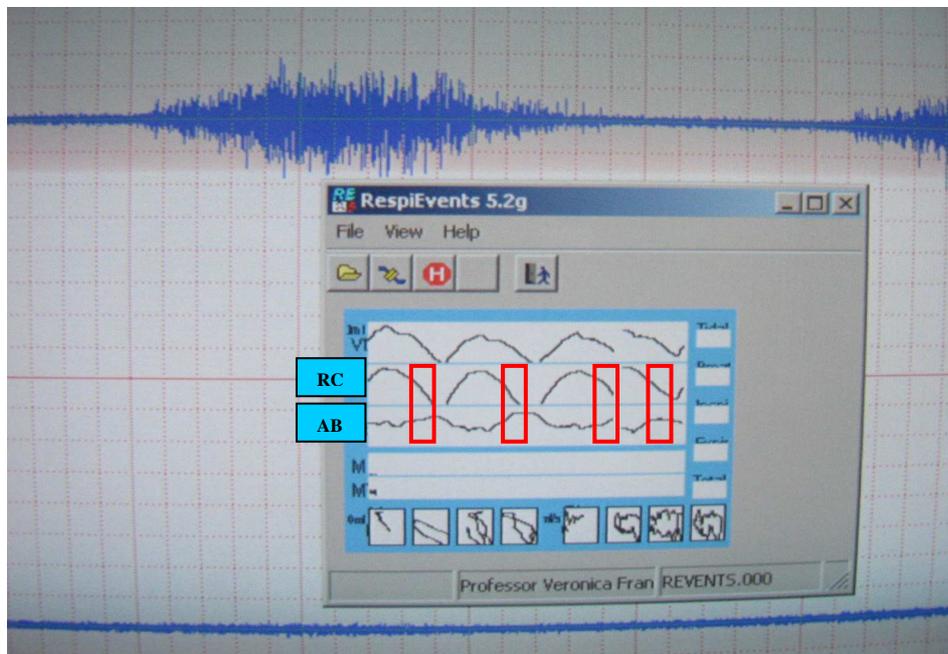


FIGURA 7 – Tela de computador mostrando o registro simultâneo da eletromiografia e da pletismografia respiratória por indutância de um paciente durante sobrecarga inspiratória de 50% da PImáx. O traçado eletromiográfico superior é do ECM e o inferior do diafragma. O traçado da pletismografia respiratória por indutância revela assincronia entre os compartimentos torácicos superior e inferior sendo indicados por RC e AB respectivamente. O traçado superior reflete o volume corrente sendo gerado em cada incursão respiratória.

### 3.7 Análise dos dados

Os dados utilizados para análise foram os gerados no 1<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup> e 10<sup>o</sup> minuto de coleta. A seleção dos dados nos respectivos intervalos de tempo e a sincronização da EMG com a PRI foi possível pela utilização do *software MATLAB*<sup>®</sup>. Através desse programa foi possível visualizar a ativação eletromiográfica do diafragma e do ECM durante o momento da inspiração e assim, selecionar os cortes da eletromiografia justamente durante a fase inspiratória (FIG. 8). Para cada minuto citado (1<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup> e 10<sup>o</sup>) as ativações musculares referentes a todas as inspirações presentes naquele minuto foram selecionadas (FIG. 9). A partir desse montante de ativações musculares, foi realizado o procedimento de cálculo da média eletrônica, denominada RMS. Então, para cada minuto, foi estabelecido um valor de ativação muscular pelo cálculo da RMS. O valor da RMS do 1<sup>o</sup> minuto foi utilizado como referência para comparação com os valores das RMS gerados no 4<sup>o</sup> e no 10<sup>o</sup> minuto. A ele foi atribuída a quantificação de 100% e as variações nas RMS do 4<sup>o</sup> e do 10<sup>o</sup> minutos se apresentaram como maiores ou menores que 100%. Tal procedimento é necessário para a análise de dados eletromiográficos quando se deseja fazer comparações entre musculaturas diferentes (83).

Os níveis de ativação do diafragma foram comparados entre si, nas 3 situações. A mesma comparação foi realizada para o músculo ECM. A comparação entre os músculos foram realizadas nas duas situações de carga, a 30% e a 50% da P<sub>lmáx</sub>.

Para o cálculo do VC foram considerados todos os ciclos do minuto e calculado o valor médio, dessa forma foram gerados os valores do VC no 1<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup> e 10<sup>o</sup> minutos. Naturalmente os valores do VM e da FR foram aqueles correspondentes ao determinado minuto.

A participação do compartimento superior e inferior da caixa torácica na geração do volume corrente foi considerada nas duas situações de carga, a 30% e a 50% da  $Pl_{m\acute{a}x}$ .

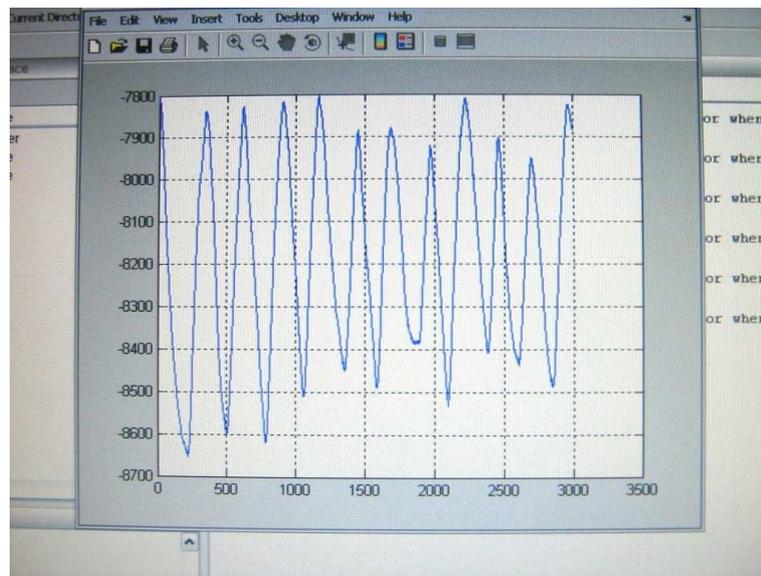


FIGURA 8 - Interface do *Matlab*<sup>®</sup> para a seleção das fases de inspiração dos ciclos respiratórios durante o minuto.

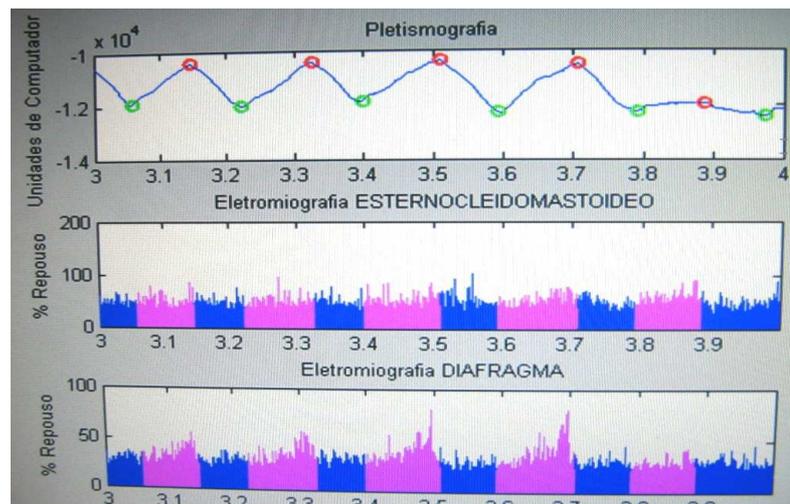


FIGURA 9 - Interface do *Matlab*<sup>®</sup> mostrando os cortes na EMG (cor rosa) após a seleção das fases de inspiração do minuto correspondente

### 3.8 Análise estatística

A análise dos dados foi feita a partir de testes estatísticos não paramétricos. Para a verificação de diferenças entre as variáveis nas situações de respiração sem carga, com limiar de carga inspiratória de 30% e de 50% foi utilizado o Teste de Friedman. Assim foram comparados os níveis de ativação do diafragma e do ECM, os volumes corrente, os volumes minuto e as frequências respiratórias nas três situações: respiração sem carga, com limiar de carga inspiratória a 30% e a 50% da  $P_{l\text{máx}}$ . Em seguida foi realizada a comparação das variáveis considerando as situações, duas a duas, sendo utilizado o Teste de Wilcoxon.

Em todos os testes estatísticos o nível de significância  $\alpha$  foi previamente fixado em 0,05.

## REFERÊNCIAS

- 1 SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Revisão das II diretrizes da sociedade brasileira de cardiologia para o diagnóstico e tratamento da insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol.*, v.79, n.4, p.1-30, nov. 2002. Suplemento 4.
- 2 HUNT, S. A. *et al.* Guideline update for the diagnosis and management of chronic heart failure in the adult. *Circulation*, v.112, n.12, p.154-235, set. 2005.
- 3 CHULA, E. D. Insuficiência cardíaca – Epidemiologia, classificação e diagnóstico. In: Filho, Wagner Cardoso de Pádua & Barbosa, Márcia de Melo. *Cardiologia – Sociedade Mineira de Cardiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p.241-254.
- 4 PIÑA, I. L. Exercise and heart failure: A statement from the american heart association committee on exercise, rehabilitation, and prevention. *Circulation*, v.107, n.8, p.1210-1225, mar. 2003.
- 5 REES, K. *et al.* Exercise based rehabilitation for heart failure. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2004. Disponível em: [\\_<www.cochrane.org>](http://www.cochrane.org)  
Acesso em: 01 set. 2007.
- 6 MANCINI, D. M. *et al.* Benefit of selective respiratory muscle training on exercise capacity in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation*, v.91, n.2, p. 320-329, jan. 1995.
- 7 JOHNSON, P.H.; COWLEY, A.J.; KINNEAR, W.J.M. A randomized controlled trial of inspiratory muscle training in stable chronic heart failure. *Eur. Heart J.*, v. 19, n. 8, p.1249-1253, ago. 1998.
- 8 WEINER, P. *et al.* The Effect of specific inspiratory muscle training on the sensation of dyspnea and exercise tolerance in patients with congestive heart failure. *Clin. Cardiol.*, v.22, n. 11, p. 727-732, nov. 1999.
- 9 CAHALIN, L.P.; SEMIGRAN, M.J.; DEC, G.W. Inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure awaiting cardiac transplantation: results of a pilot clinical trial. *Phys. Ther.*, v. 77, n.8, p. 830-838, ago. 1997.

- 10 MARTÍNEZ, A. *et al.* Entrenamiento selectivo de los músculos respiratórios em pacientes com insuficiência cardíaca crônica. *Rev. Med. Chil.*, v. 129, n.2, p. 133-139, fev. 2001.
- 11 LAOUTARIS, I. *et al.* Inspiratory muscle training using an incremental endurance test alleviates dyspnea and improves functional status in patients with chronic heart failure. *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.*, v.11, n.6, p. 490-460, dez. 2004.
- 12 DALL'AGO, P. *et al.* Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness. *J.Am. Coll. Cardiol.*, v.47, n.4, p.757-763, fev. 2006.
- 13 LAOUTARIS, I. *et al.* Immune response to inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure. *Eur. Cardiovasc. Prev. Rehabil.*, v.14, n.5, p. 679-685, out. 2007.
- 14 CHIAPPA, G. R. *et al.* Inspiratory muscle training improves blood flow to resting and exercising limbs in patients with chronic heart failure. *J.Am.Coll.Cardiol.*, v.51, n.17, p. 1663-1671, abr. 2008.
- 15 LAOUTARIS, I. *et al.* Effects of inspiratory muscle training on autonomic activity, endothelial vasodilator function, and N-terminal pro-brain natriuretic peptide levels in chronic heart failure. *J. Cardiopul. Rehabil. Prev*, v.28, n.2, p.99-106, mar. 2008.
- 16 LÖTTERS, F. *et al.* Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur. Respir. J.*, v.20, n.3, p.570-576, set. 2002.
- 17 DORNELAS DE ANDRADE, A. *et al.* Inspiratory muscular activation during threshold<sup>®</sup> therapy in elderly healthy and patients with COPD. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, v.15, n.6, p.631-639, dez. 2005.
- 18 DATASUS - Banco de Dados do Sistema Único de Saúde. [Esplanada dos Ministérios. Brasília. Disponível em:<www.DATASUS.gov.br>](http://Esplanada dos Ministérios. Brasília. Disponível em:<www.DATASUS.gov.br>). Acesso em 06 jan. 2009.
- 19 AMERICAN HEART ASSOCIATION. Revisions to classification of functional capacity and objective assessment of patients with diseases of the heart. 1994. Disponível em: <www.americanheart.org> Acesso em:15 out. 2007.

- 20 CLARK, A. L. Origin of symptoms in chronic heart failure. *Heart*, v.92, n.1, p.12-16, jan. 2006.
- 21 SULLIVAN, M. J.; GREEN, H. J.; COBB, F. R. Skeletal muscle biochemistry and histology in ambulatory patients with long-term heart failure. *Circulation*, v.81, n.2, p.518-527, fev. 1990.
- 22 DREXLER, H. *et al.* Alterations of skeletal muscle in chronic heart failure. *Circulation*, v.85, n.5, p.1751-1759, maio 1992.
- 23 COATS, A. J. S. The “muscles hypothesis” of chronic heart failure. *J Mol. Cell. Cardiol.*, v.28, n.11, p.2255-2262, nov. 1996.
- 24 DEMPSEY, J. A. *et al.* Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respir. Physiol. Neurobiol.*, v.151, n.2-3, p.242-250, abr. 2006.
- 25 MANCINI, D. M. *et al.* Respiratory muscle deoxygenation during exercise in patients with heart failure demonstrated with near-infrared spectroscopy. *J. Am. Coll. Cardiol.*, v.18, n.2, p.492-498, ago. 1991.
- 26 MANCINI, D. M. *et al.* Respiratory muscle function and dyspnea in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation*, v.86, n.3, p.909-917, set. 1992.
- 27 HUGHES, P. D. *et al.* Diaphragm strength in chronic heart failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v.160, n.2, p.529-534, ago. 1999.
- 28 MEYER, F. J. *et al.* Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: clinical correlation and prognostic significance. *Circulation*, v.103, n.17, p.2153-2158, maio 2001.
- 29 LAVIETES, M. H. *et al.* Inspiratory muscle weakness in diastolic dysfunction. *Chest*, v.126, n.3, p.838-844, set. 2004.
- 30 St CROIX, C. M. *et al.* Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *J. Physiol.*, v.529, Pt.2, p.493-504, dez. 2000.

- 31 SHEEL, A. W. *et al.* Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *J. Physiol.*, v.537, Pt.1, p.277-289, nov. 2001.
- 32 FLEG, J. L. Improving exercise tolerance in chronic heart failure: a tale of inspiration? *J. Am. Coll. Cardiol.*, v.51, n.17, p.1672-1674, abr. 2008.
- 33 TROOTERS, P. T.; GOSSELINK, R.; DECRAMER, M. Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Chronic Heart Failure. *J. Cardiopulm. Rehabil.*, v.24, p.137-145, 2004.
- 34 GOSKER, H. R. *et al.* Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure: underlying mechanisms and therapy perspectives. *Am. J. Clin. Nutr.*, v.71, p.1033-1047, 2000.
- 35 GOSKER, H. R. *et al.* Striking similarities in systemic factors contributing to decreased exercise capacity in patients with severe chronic heart failure or COPD. *Chest*, v.123, n.5, p.1416-1424, maio 2003.
- 36 OROZCO-LEVI, M. Structure and function of the respiratory muscles in patients with CPOD: impairment or adaptation? *Eur. Respir. J.*, v.46, nov. 2003. Suplemento 41-51.
- 37 ROWLEY, K. L.; MANTILLA, C. B.; SIECK, G. C. Respiratory muscle plasticity. *Respir. Physiol. Neurobiol.*, v.147, n.2-3, p.235-251, jul. 2005.
- 38 ROMER, L. M.; MCCONNELL, A. K. Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Med. Sci. Sports Exer.*, v.35, n.2, p.237-244, fev. 2003.
- 39 REID, W. D.; SAMRAL, B. Respiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Phys. Ther.*, v.75, n.11, p.996-1005, nov. 1995.
- 40 CAMPOS, F. C. Estudo eletromiográfico de músculos inspiratórios de indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica durante o exercício físico. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

- 41 SHIMOYA, W. Avaliação do padrão respiratório na fadiga respiratória induzida por carga resistiva inspiratória. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Escola de Fisioterapia do Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia, 2005.
- 42 PORTNEY, L. G.; WATKINS, M. P. Analysis of Variance. In: PORTNEY, L. G.; WATKINS, M. P. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall Health, 2000. cap.20, p.427-450.
- 43 UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Escola de Educação Física. Laboratório de avaliação e pesquisa em desempenho cardiorrespiratório (LabCare). Banco de dados: CAMPOS, F. C. Estudo eletromiográfico de músculos inspiratórios de indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica durante o exercício físico. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação). Belo Horizonte, 2006. 1 CD. Exel for Windows 7.0.
- 44 TÜRKER, K. S. Electromyography: some methodological problems and issues. *Phys. Ther.*, v.73, n.10, p.698-710, out. 1993.
- 45 GUEDES, L.U. *et al.* Electromyographic activity of sternocleidomastoid muscle in patients with Parkinson's disease. *J. Electromyogr Kinesiol.* 2008. No prelo.
- 46 SINDERBY, C. *et al.* Voluntary activation of the human diaphragm in health and disease. *J. Appl. Physiol.*, v. 85, n.6, p.2146-2158, dez. 1998.
- 47 DUIVERMAN, M. L. *et al.* Reproducibility and responsiveness of a noninvasive EMG technique of the respiratory muscles in COPD patients and in healthy subjects. *J. Appl. Physiol.*, v.96, n.5, p.1723-1729, maio 2004.
- 48 DEMOULE, A. *et al.* Validation of surface recordings of the diaphragm response to transcranial magnetic stimulation in humans. *J. Appl. Physiol.*, v.94, n.2, p.453-461, fev. 2003.
- 49 FALLA, D. *et al.* Location of innervation zones of sternocleidomastoid and scalene muscles – a basis for clinical and research electromyography applications. *Clin. Neurophysiol.*, v.113, n.1, p.57-63, jan. 2002.
- 50 GLERANT, J. C. *et al.* Diaphragm electromyograms recorded from multiple surface electrodes following magnetic stimulation. *Eur. Respir. J.*, v.27, n.2, p.334-342, fev. 2006.

- 51 NEDER, J. A. *et al.* Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v.32, n.6, p.719-727, jun. 1999.
- 52 HARIK-KHAN, R.; WISE, R. A.; FOZARD, J. L. Determinants of maximal inspiratory pressure: the Baltimore longitudinal study of aging. *Am. J. Crit. Care Med.*, v.158, Pt.1, p.1459-1464, nov. 1998.
- 53 HAUTMANN, H. *et al.* Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects-what is the lower limit of normal? *Respir. Med.*, v.94, n.7, p.689-693, jul. 2000.
- 54 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA. Documento sobre o consenso latino americano sobre obesidade. 1998. Disponível em: <[www.abeso.org.br](http://www.abeso.org.br)> Acesso em:15 out. 2007.
- 55 ARORA, N. S.; ROCHESTER, D. F. Respiratory muscle strength and maximal voluntary ventilation in undernourished patients. *Am. Rev. Respir. Dis.*, v.126, n.1, p.5-8, jul. 1982.
- 56 WEINER, P. *et al.* Influence of excessive weight loss after gastroplasty for morbid obesity on respiratory muscle performance. *Thorax*, v.53, n.1, p.39-42, jan. 1998.
- 57 MCCONNELL, A. K.; COPESTAKE, A. J. Maximal static respiratory pressures in healthy elderly men and women: issues of reproducibility and interpretation. *Respiration*, v.66, n.3, p.251-258, maio-jun. 1999.
- 58 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.
- 59 PEREIRA, C. A. C.; SATO, T.; RODRIGUES, S. C. Novos valores de referências para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *J. Bras. Pneumol*, v.33, n.4, p.397-406, jul.-ago. 2007.
- 60 KONRAD, P. *The ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography*: Noraxon, 2005. 60p.

- 61 AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS Statement on respiratory testing. *Am. Respir. Crit. Care Med.*, v.166, n.4, p.518-624, ago. 2002.
- 62 RATNOVSKY, A. *et al.* Integrated approach for in vivo evaluation of respiratory muscles mechanics. *J. of Biomech.*, v.36, n.12, p.1771-1784, 2003.
- 63 MAARSINGH, E. J. W. *et al.* Respiratory muscle activity measured with a noninvasive EMG technique: technical aspects and reproducibility. *J. Appl. Physiol.*, v.88, p.1955-1961, 2000.
- 64 MERLETTI, R. Standards for reporting EMG data. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, v.9, p.3-4, 1999.
- 65 European Recommendations for surface electromyography. Desenvolvido por Surface Electromyography for Noninvasive Assesment of Muscles, 2008. Disponível em :<[www.seniam.org](http://www.seniam.org)> Acesso em 11 de mar. 2008.
- 66 CHADHA, T. S. *et al.* Validation of respiratory inductive plethysmography using different calibration procedures. *Am. Rev. Respir. Dis.*, v.125, n.6, p.644-649, jun. 1982.
- 67 CARETTI, D. M. *et al.* Reability of respiratory inductive plethysmography for measuring tidal volume during exercise. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, v.55, n.10, p.918-923, out. 1994.
- 68 CLARENBACH, C. F. *et al.* Monitoring of ventilation during exercise by a portable respiratory inductive plethysmography. *Chest*, v.128, n.3, p.1282-1290, set. 2005.
- 69 GROSSMAN, P.; SPOERLE, M.; WILHELM, F. H. Reliability of respiratory tidal volume estimation by means of ambulatory inductive plethysmography. *Biomed. Sci Instrum.*, v.42, p.193-198, 2006.
- 70 SACKNER, M. A. Diagnostic techiques in pulmonary disease. In: SACKNER, M. A. *Lung biology in healthy and disease*. New York: Marcel Dekker, 1980. cap.16, p.525-537.

- 71 MEYER, O. H. *et al.* Respiratory inductance plethysmography in health 3-to 5-year-old children. *Chest*, v.124, n.5, p.1812-1819, nov. 2003.
- 72 Non-Invasive Monitoring Systems Inc. RespEvents:Operations Manual for Health Care Practitioners. Disponível em: <[www.nims-inc.com](http://www.nims-inc.com)> Acesso em:11 mar. 2008.
- 73 PARREIRA, V. F. *et al.* Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v.38, n.7, p.1105-1112, jul. 2005.
- 74 ANNE DE GROOTE; PAIVA, M.; VERBANDT, Y. Mathematical assessment of qualitative diagnostic calibration for respiratory inductive plethysmography. *J. Appl. Physiol.*, v.90, n.3, p.1025-1030, mar. 2001.
- 75 SACKNER, M. A. *et al.* Calibration of respiratory inductive plethysmograph during natural breathing. *J. Appl. Physiol.*, v.66, n.1, p.410-420, jan. 1989.
- 76 DEURENBERG, P. W. J. Body mass index as a measure of body fatness: age and sex specific prediction formulas. *Br. J. Nutr.*, v.65, n.2, p.105-114, mar. 1991.
- 77 HAMNEGARD, C. H. *et al.* Portable measurement of maximum mouth pressures. *Eur. Respir. J.*, v.7, n.2, p.398-401, fev. 1994.
- 78 PEREIRA, C. A. C. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar. *J. Pneumol.*, v.28, 2002. Suplemento 3.
- 79 VITALOGRAPH. Spirotrac IV User Manual. *Vitalograph*, 2.ed., p.1-116, 2002.
- 80 BRUSASCO, V.; CRAPO, R.; VIEGI, G. "Series ATS/ERS task force: standandisation of lung function ". *Eur. Respir. J.*, v.26, p.319-338, ago. 2005.
- 81 GOSSELINK, R.; WAGENAAR, R. C.; DECRAMER, M. Reliability of a commercially available threshold loading device in healthy subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*, v.51, n.6, p.601-605, jun.1996.

- 82 SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. I Diretriz Latino-Americana para avaliação e conduta na insuficiência cardíaca descompensada. *Arq. Bras. Cardiol.*, v.85, p.1-40, set. 2005. Suplemento 3.
- 83 KNUTSON, L. M. *et al.* A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. *J. Electomyogr. Kinesiol.*, v.4, n.1, p.47-59, 1994.

## ATIVACÃO MUSCULAR INSPIRATÓRIA DURANTE EXERCÍCIO COM LIMIAR DE CARGA INSPIRATÓRIA EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA

DANIELA MELILLO MARTINS<sup>1,2</sup>, ARMÈLE DORNELAS DE ANDRADE<sup>3</sup>, VERÔNICA FRANCO PARREIRA<sup>1</sup>, NADJA CARVALHO PEREIRA<sup>4</sup>, MARIA CONSOLAÇÃO VIEIRA MOREIRA<sup>5</sup>, RAQUEL RODRIGUES BRITTO<sup>1</sup>

1 Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais.

2 Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Newton Paiva. Belo Horizonte, Minas Gerais.

3 Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco.

4 Engenheira do Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório do Departamento de Fisioterapia, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais.

5 Ambulatório de Insuficiência Cardíaca da Escola de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais.

Autor para correspondência: Prf<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raquel Rodrigues Britto.

Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, CEP:31270-901. Tel: (31)3409-4793

e-mail: [rbrito@ufmg.br](mailto:rbrito@ufmg.br)

Parcialmente subvencionado pelo CNPq – Processo 303420/2005-7.

Título para páginas do artigo: Ativação muscular durante carga inspiratória em IC

Palavras-chave: Eletromiografia, Músculos respiratórios, Insuficiência cardíaca, Treinamento da musculatura inspiratória

## Resumo

O treinamento muscular inspiratório com Threshold® vem sendo utilizado em pacientes com insuficiência cardíaca (IC), havendo controvérsia em relação aos resultados obtidos com determinada carga em relação à sobrecarga muscular gerada. Desta forma, a avaliação da resposta muscular pode contribuir para a definição dos protocolos de treinamento. **Objetivo:** investigar o nível de ativação muscular do esternocleidomastóideo (ECM) e do diafragma, além das variações no volume corrente (VC), volume minuto (VM), frequência respiratória (FR) durante exercício com limiar de carga inspiratória a 30 e a 50% da pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx.</sub>). **Métodos:** dez homens com insuficiência cardíaca, média de idade  $52.6 \pm 5.6$  anos e fraqueza muscular inspiratória (P<sub>Imáx.</sub> <70% predito) foram avaliados pela eletromiografia de superfície (EMGs) calculando-se a RMS (root-mean-square) normalizada pelo repouso, e pela pletismografia respiratória por indutância (PRI) enquanto respiravam sem sobrecarga inspiratória e durante as sobrecargas de 30% e 50% da P<sub>Imáx.</sub> O teste de Friedman seguido pelo teste de Wilcoxon foram utilizados para a comparação das variáveis considerando as situações, duas a duas. **Resultados:** Houve aumento do RMS nas duas cargas, sendo maior na carga de 50% em relação a carga de 30%, tanto no diafragma (101.8% versus 34.9%,  $p= 0.009$ ) quanto no ECM (302.4% versus 150%,  $p=0.013$ ) e predominante no ECM em relação ao diafragma nas duas cargas ( $p<0.05$ ). Não houve variação significativa dos valores de VC, VM e FR entre as diferentes cargas.

**Conclusão:** O aumento da atividade eletromiográfica dos músculos respiratórios de indivíduos com IC durante a utilização do Threshold® está relacionada com predomínio de ativação de musculatura acessória e tem relação com o aumento da carga utilizada.

Palavras chave: Eletromiografia, músculos respiratórios, insuficiência cardíaca, treino muscular inspiratório.

## Abstract

The inspiratory muscular training with Threshold<sup>®</sup> has been used in patients with heart failure (HF), there is still some controversy however still in relation to the results obtained a certain load in relation to the generated muscular overload. In this way, the evaluation of the muscular response may contribute for the definition of the training protocols. **Objective:** to investigate the level of muscular activation of the sternocleidomastoid (SMM) and the diaphragm, besides the variations by tidal volume (VT), minute volume (VM), breathing rate (BR) during exercise with inspiratory load threshold the 30% and 50% of the maximum inspiratory pressure (P<sub>Imáx.</sub>). **Methods:** ten men with heart failure, mean age of  $52.6 \pm 5.6$  years and inspiratory muscular weakness (P<sub>Imáx.</sub> < 70% of the predicted value) were evaluated by the surface electromyography (sEMG) calculated for the RMS (root-mean-square) normalized by the resting time, and by the respiratory inductive plethysmograph (RIP) while they breathed without inspiratory overload and during the overloads of 30% and 50% of the P<sub>Imáx.</sub> The test of Friedman followed the test of Wilcoxon was used by them for the comparison of the variables considering the situations, two to two. **Results:** There was an increase of the RMS in two loads, it being more visible in the load of 50% in relation to the load of 30%, as much in the diaphragm (101.8% versus 34.9%,  $p= 0.009$ ) as in the ECM (302.4% versus 150%,  $p=0.013$ ) and predominant in the ECM in relation to the diaphragm in two loads ( $p<0.05$ ). There was no significant variation of the values of VT, VM and BR between the two different loads. **Conclusion:** The increase of the electromyographical activity of the respiratory muscles of individuals with HF during the use of the Threshold<sup>®</sup> is related with predominance of activation of accessory muscles and it is associated with the increase of the used load.

## Introdução

A insuficiência cardíaca é definida como uma síndrome clínica, de caráter progressivo, cujos principais sintomas são a dispnéia e a fadiga<sup>1-5</sup>, sendo estes resultantes de uma complexa rede fisiopatológica que vai muito além do distúrbio hemodinâmico em si<sup>5-9</sup>.

O reconhecimento do papel das alterações musculares na determinação dos sintomas na IC relevou a inclusão do exercício físico no tratamento desses pacientes. A literatura recomenda a reabilitação pelo exercício físico nesses pacientes<sup>1,4,5,8</sup> sendo que revisão sistemática conduzida por Rees *et al.*<sup>10</sup> mostrou que o treinamento físico de pacientes com IC melhora a capacidade de exercício e a qualidade de vida. Por sua vez, dentro do contexto do treinamento físico, a implementação do treinamento da musculatura inspiratória (TMI) também vem sendo abordada na literatura<sup>11-20</sup>.

Os protocolos de TMI para indivíduos com IC descritos na literatura, geralmente foram baseados em programas propostos para indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)<sup>11-16</sup>. Porém uma diferença entre as duas patologias chama a atenção quando o foco da discussão é o TMI: ao contrário da IC, na DPOC ocorre o peculiar reajuste mecânico da caixa torácica em decorrência da hiperinsuflação pulmonar, dificultando a ação do diafragma e contribuindo para a diminuição na capacidade de geração de força muscular inspiratória<sup>21</sup>. Considerando que os indivíduos com IC não apresentam a alteração biomecânica observada nos indivíduos com DPOC, é desejável que durante o TMI em indivíduos com IC, a ativação do diafragma seja priorizada.

Com o intuito de avaliar o protocolo de TMI mais adequado para essa população, o objetivo desse trabalho foi avaliar a ativação do esternocleidomastóideo (ECM) e do diafragma de pacientes com IC e fraqueza da musculatura inspiratória (PImáx. < 70% do

valor previsto <sup>22</sup>) realizando exercício com limiar de carga inspiratória a 30% e a 50% da PIM<sub>áx</sub>.

## **Materiais e Métodos**

A amostra foi composta, por indivíduos com IC predominantemente sistólica do Serviço de Diagnóstico e Tratamento de Insuficiência Cardíaca do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais e do Centro de Referência de Especialidades da Prefeitura Municipal de Betim, com idade entre 40 e 60 anos de idade, da classe funcional de NYHA II ou III, apresentando fraqueza da musculatura inspiratória, definida como PIM<sub>áx</sub> < 70% do previsto <sup>22</sup> e fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) < 45% do previsto conforme laudo do ecocardiograma. Os pacientes deveriam estar clinicamente estáveis há pelo menos três meses e não apresentarem indicativo de doença respiratória, como avaliado por um questionário proposto por Pereira *et al.*<sup>23</sup> e pelas medidas da capacidade vital forçada (CVF) e volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF<sub>1</sub>) abaixo dos limites de normalidade propostos pelos mesmos autores. Este trabalho foi aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos com o parecer ETIC 158/08. Após a identificação dos critérios de inclusão, todos os voluntários selecionados assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Para a realização das medidas de eletromiografia de superfície foi utilizado um eletromiógrafo de 8 canais (EMG System do Brasil LTDA, São Paulo, Brasil). A detecção dos sinais foi feita com eletrodos Double<sup>®</sup> (Hal Indústria de Comércio LTDA, São Paulo, Brasil) bipolares, cujo contato é constituído de Prata Cloreto de Prata (Ag/AgCl) e um gel sólido aderente de alta condutibilidade. Para a colocação dos eletrodos foi realizada a limpeza e fricção da pele com álcool etílico a 70%.

O equipamento condicionou os sinais elétricos com uma filtragem que permitiu a passagem dos sinais com frequências que variavam de 20Hz a 500Hz. Os sinais foram amplificados em 2000 vezes, sendo feita pelo equipamento em 100 vezes e pelos eletrodos ativos, em 20 vezes. Para o controle das interferências de sinais indesejados foi utilizado um eletrodo (Medi-Trace 200 Kendall Healthcare/ Tyco – Canadá) em uma região não ativa (processo estilóide) sendo o índice de rejeição de modo comum  $> 120$  dB. Para o processamento dos sinais foi utilizado um software específico para aquisição e análise de dados (AqData). A plataforma de conversão de dados analógicos para dados digitais foi de 12 bits com uma taxa de amostragem determinada em 2000 Hz para cada canal e retificação do sinal considerando a onda inteira. Foi utilizado também um filtro Butterworth de 4ª ordem. A utilização do equipamento para a coleta e processamento dos sinais de ativação muscular seguiu as recomendações da *International Society of Electrophysiology and Kinesiology* (ISEK)<sup>24</sup> e da *Surface Electromyography for Noninvasive Assessment of Muscles* (SENIAM)<sup>25</sup>.

A análise do sinal da eletromiografia foi feita no domínio do tempo, ou seja, os sinais gerados pelos músculos representaram a atividade desses músculos em função do tempo<sup>26</sup>. A quantificação do sinal foi feita por um cálculo eletrônico de média, denominado *root-mean-square* (RMS).

Os eletrodos do diafragma foram posicionados à direita, no 7º ou 8º espaço intercostal, conforme a captação do sinal de maior amplitude, na direção do arco costal sendo o ponto inter eletrodos posicionado no ponto equidistante da linha axilar e da linha médio clavicular<sup>27-30</sup>. Os eletrodos do ECM foram posicionados à direita, na direção das fibras do músculo de forma que o ponto inter eletrodos foi fixado na região do terço inferior da linha que se estende da borda inferior do processo mastóideo até o centro da fenda externa<sup>31</sup>.

Foi utilizado o Pletismógrafo RespiTrace<sup>®</sup> (Nims, Miami, FL, USA) para registro de volume corrente (VC), volume minuto (VM) e frequência respiratória (FR) e os procedimentos para a colocação das faixas de teflon e calibração do equipamento para a coleta e registro dos dados foram bem descritos no trabalho de Parreira *et al*<sup>32</sup>.

Para a realização da sobrecarga inspiratória foi utilizado o Threshold<sup>®</sup> IMT (Respironics<sup>®</sup>, Cedar Grove, NJ, USA). O protocolo de coleta teve duração de 11 minutos e a sequência de exercício iniciou com um minuto de respiração pelo Threshold<sup>®</sup> sem a carga, ou seja, sem o aparato da mola e a membrana plástica<sup>27</sup>. Essa fase foi nomeada respiração sem carga e os valores gerados foram utilizados como referência para comparação com os valores de ativação muscular nas fases posteriores (normalização). Em seguida, foi dado intervalo de um minuto com respiração sem nenhum aparato. A próxima fase teve duração de três minutos quando o paciente realizou o exercício de forma aleatorizada com a carga de 30% ou de 50% da P<sub>Imáx</sub>. Os níveis de carga foram escolhidos considerando a literatura sobre TMI em IC<sup>12,13,15,17,19</sup>. Seguiram-se mais 3 minutos de respiração sem aparatos e a última fase, novamente com duração de 3 minutos, o paciente realizou o exercício com a segunda carga. Nas três situações foi permitido ao sujeito escolher seu próprio padrão respiratório a partir da orientação verbal para que respirasse “forte o suficiente para o ar entrar”. A escolha do tempo de exercício de 3 minutos foi baseada na literatura<sup>27</sup> e no estudo piloto que indicou que os pacientes necessitam de um período de tempo para estabilizarem o padrão respiratório durante a sobrecarga inspiratória. No trabalho de Dornelas de Andrade *et al.*<sup>27</sup> foram utilizados 5 minutos de exercício com a sobrecarga inspiratória. Porém, no estudo piloto, quando utilizado 5 minutos de exercício, os pacientes queixaram dispnéia e não conseguiram completar o tempo, sendo adotado portanto o tempo de 3 minutos.

Os dados foram registrados continuamente ao longo de todo o período de coleta. A aquisição dos sinais e os registros dos traçados do eletromiógrafo e do pletismógrafo funcionaram e puderam ser acompanhados simultaneamente. Posteriormente, no processamento dos dados, os registros da EMG e da PRI foram sincronizados por um programa de computador MATLAB<sup>®</sup> (MathWorks Inc, Natick, MA, US). Os dados utilizados para análise foram os gerados durante todas as inspirações do 1º, 4º e 10º minuto de coleta, correspondendo respectivamente a respiração sem carga, com carga de 30 e de 50% da PIM<sub>máx</sub>. O valor da ativação dos músculos durante a respiração sem carga foi padronizado em 100% e as variações para mais ou para menos no nível de ativação muscular foram consideradas tomando-se como referência o valor de 100% registrado durante a respiração sem carga. Portanto um valor de ativação maior que 100% foi considerado aumento no nível de ativação muscular e menor que 100%, diminuição no nível de ativação muscular.

Foram considerados para análise testes não paramétricos em função do tamanho da amostra. Primeiramente foi realizado o teste de Friedman para verificar diferenças entre as três situações e depois o teste de Wilcoxon para a verificação de diferenças entre as situações, duas a duas. O nível de significância  $\alpha$  foi previamente fixado em 0,05 sendo utilizado para a análise o software Statistical Package for Social Sciences (SPSS, Chicago, IL, USA) versão 15.

## **Resultados**

Ao todo, foram recrutados 24 pacientes, porém seis foram excluídos por apresentarem a medida de PIM<sub>máx</sub> maior que 70% do previsto, 7 por alterações nas medidas da espirometria e 1 por falha na coleta. Portanto, a amostra foi composta por 10 homens com IC, sendo 9 da classe funcional NYHA II e um NYHA I. As etiologias da IC estavam documentadas nos relatórios médicos sendo que dos dez pacientes selecionados, três foram caracterizados como

IC de origem idiopática, um de origem hipertensiva, um de origem chagásica, um de origem isquêmica, dois de origem alcoólica e dois por infarto agudo do miocárdio. Das medicações utilizadas pelos pacientes foram registrados diuréticos, digitálicos, anticoagulantes, beta bloqueadores, antagonistas dos receptores da angiotensina, inibidores da enzima conversora de angiotensina, antiinflamatórios, antagonistas da aldosterona, agentes redutores de colesterol, insulina e hipoglicemiantes orais.

Na Tabela 1 estão os dados referentes às médias das características antropométricas e clínicas dos voluntários. A média de idade dos pacientes foi de  $52,6 \pm 5,6$  anos, da FEVE foi de  $31,16 \pm 9,7\%$  e da PImáx. foi de  $63 \pm 7$  cmH<sub>2</sub>O, sendo o valor médio do percentual do previsto da PImáx. de  $56,6 \pm 8,6\%$ . Os valores de CVF e do VEF<sub>1</sub> estavam dentro dos limites de normalidade<sup>23</sup> e apresentaram os valores médios de  $3,7 \pm 0,3$  L (média do valor previsto de  $87,0 \pm 7,4\%$ ) e  $2,9 \pm 0,4$  L (média do valor previsto de  $85,2 \pm 9,1\%$ ) respectivamente.

As comparações dos parâmetros ventilatórios durante respiração sem carga, respiração com carga de 30% e de 50% da PImáx. mostram aumento do VC e redução da FR. Durante a respiração sem carga, a média do VC foi de 449,1 ml, durante a carga de 30% e de 50% da PImáx. foi de 572,4 ml e de 623,9 ml respectivamente. A FR durante a respiração sem carga foi de 13,3 irpm e durante a carga de 30% e de 50% da PImáx. foi de 12,9 irpm e de 11,8 irpm, respectivamente. Apesar das diferenças observadas no VC e na FR durante as três situações, o aumento no VC e a diminuição na FR não apresentaram significância estatística, demonstradas por um valor de  $p=0,497$  e  $p=0,590$ , respectivamente. O VM apresentou uma pequena variação durante as três situações, sem significância estatística ( $p=0,387$ ), como apresentado na Tabela 2.

Houve aumento da ativação do diafragma e do ECM tanto com a sobrecarga de 30% quanto com a sobrecarga de 50% da PImáx. Durante a sobrecarga de 30% da PImáx., o

diafragma apresentou um aumento significativo na ativação de 34,9% ( $p=0,007$ ) assim com o ECM, com um aumento de 150% ( $p=0,005$ ). Na carga de 50% da P<sub>Imáx.</sub> houve aumento significativo na ativação muscular, sendo de 101,8% ( $p=0,007$ ) para o diafragma e de 302,4%, ( $p=0,005$ ) para o ECM. Comparando-se as duas situações de carga, o aumento na ativação muscular na carga de 50% da P<sub>Imáx.</sub> foi mais expressivo, sendo calculados valores de  $p=0,009$  para o diafragma e de  $p=0,013$  para o ECM (Figura 1).

Como representado na Figura 1, a comparação de um músculo com o outro indica maior aumento de ativação do ECM em relação ao diafragma tanto na carga de 30% ( $p=0,007$ ) quanto na carga de 50% ( $p=0,005$ ).

## **Discussão**

Esse estudo verificou a ativação muscular do diafragma e do ECM de pacientes com IC realizando exercício com Threshold<sup>®</sup> em dois níveis de carga, a 30% e a 50% da P<sub>Imáx.</sub>, sem orientações quanto ao uso de um padrão respiratório específico. Os resultados do presente estudo sugerem que durante a realização de exercício com carga inspiratória utilizando o Threshold<sup>®</sup> em indivíduos com IC, ocorre aumento da atividade dos músculos diafragma e ECM, com predominância do ECM, sendo esse aumento mais acentuado na carga de 50% da P<sub>Imax.</sub> em relação à carga de 30%. Os trabalhos pesquisados que utilizaram o TMI em pacientes com IC apresentam algumas diferenças quanto ao protocolo de treinamento<sup>11-20</sup>. Weiner *et al.*<sup>13</sup> utilizaram o Threshold<sup>®</sup> com uma sobrecarga de 60% da P<sub>Imáx.</sub> enquanto a maioria dos autores<sup>12,15,17,19</sup> utilizou o Threshold<sup>®</sup> com uma sobrecarga de 30% da P<sub>Imáx.</sub> Os trabalhos de Dall'Ago *et al.*<sup>17</sup> e Chiappa *et al.*<sup>19</sup> se diferenciam dos demais pela orientação do uso da respiração diafragmática com controle da frequência respiratória. Apesar das diferenças entre os protocolos de treinamento, todos os trabalhos apontaram por melhoria na força muscular inspiratória<sup>11-20</sup>.

Apesar de ter sido observado aumento concomitante do VC e redução da FR com a sobrecarga inspiratória, esses não foram significativos. Dornelas de Andrade *et al.*<sup>27</sup> implementaram sobrecarga inspiratória de 30% da P<sub>Imáx.</sub> em indivíduos com DPOC e observaram diminuição significativa da FR de 18,9 irpm para 14 irpm ( $p=0,018$ ), aumento do VC de 584,1ml para 960,1ml ( $p=0,018$ ) e um discreto e não significativo aumento do VM de 10,9L/min para 12,7L/min ( $p=0,168$ ) durante a respiração com carga. Yan e Bates<sup>33</sup> realizaram um estudo com sujeitos saudáveis onde estes respiravam durante dois minutos, em diferentes níveis de limiar de carga inspiratória, deixando-os livres para escolher seus próprios padrões respiratórios. Os autores observaram que houve um pequeno mas significativo aumento do VC (de 600 ml para 700 ml) e do VM (10L/min para 15L/min), enquanto os valores na FR não apresentaram mudanças significativas. Esses autores comentam que o pequeno aumento no VC e manutenção da FR se devem à tendência do organismo em minimizar o custo energético. Uma vez imposta a pressão inspiratória, para que haja conservação da energia, o tempo de duração da contração dos músculos inspiratórios tenderia a diminuir, com diminuição do tempo de fluxo inspiratório e tendência de manutenção nos valores de VC<sup>33</sup>. No presente estudo, não foram observadas diferenças significativas tanto no aumento do VC quanto na diminuição da FR ao longo das cargas de exercício, o que pode estar relacionado com a grande variabilidade registrada nos valores do VC e da FR, observada nos desvios padrões dessas variáveis, especialmente durante a carga de 50% da P<sub>Imáx.</sub>

Quando um mesmo músculo é comparado em diferentes situações, sem mudanças na posição dos eletrodos, pode-se interpretar os níveis de ativação desse músculo como maiores ou menores<sup>34</sup>. Os níveis de ativação do diafragma e do ECM aumentaram significativamente da situação de respiração sem carga para a respiração com carga inspiratória, sendo maior na

carga de 50% da P<sub>Imáx.</sub>, sugerindo uma relação dose/ resposta, ao menos no que diz respeito à ativação muscular.

Quando a intenção é fazer comparações entre músculos diferentes, o que pode ser observado é o comportamento que cada músculo apresenta em relação a uma situação padrão<sup>30,34,35</sup>. Utilizando um procedimento de normalização que refere os valores de ativação do músculo em níveis relativos a um nível de ativação padrão<sup>27,30,36</sup>, este estudo indica que, em indivíduos com IC, apesar de tanto o diafragma quanto o ECM serem responsáveis pela resposta muscular ao Threshold<sup>®</sup>, existe um predomínio da ativação do ECM, chegando a duplicar sua resposta de ativação na carga de 50% da P<sub>Imáx.</sub> em relação a situação sem carga (padronizada em 100% de ativação).

Dornelas de Andrade *et al.*<sup>27</sup> investigaram o nível de ativação do ECM e do diafragma durante limiar de carga inspiratória a 30% da P<sub>Imáx.</sub> em pacientes com DPOC e idosos saudáveis. No grupo dos pacientes com DPOC, foi observado um aumento significativo no nível de ativação do ECM de 28% (p=0,04) e manutenção do nível de ativação do diafragma em comparação com a situação de respiração sem carga, onde os valores da eletromiografia foram normalizados. Neste mesmo estudo, no grupo de idosos houve aumento de 7% e 11%, respectivamente de ECM (p=0,09) e diafragma (p=0,149) porém sem significância estatística. Os autores comentam que no grupo dos idosos houve uma tendência de maior ativação do diafragma durante o exercício com o Threshold<sup>®</sup> a 30% da P<sub>Imáx.</sub>, diferentemente do que foi observado no grupo dos pacientes com DPOC realizando a mesma atividade, onde o músculo ECM apresentou o maior nível de ativação. Esses pesquisadores discutem que talvez, pelas alterações mecânicas presentes nos pacientes com DPOC, o diafragma não tenha uma participação tão importante na realização do trabalho ventilatório durante a sobrecarga inspiratória.

O comportamento observado nos indivíduos com IC no presente estudo mostra participação tanto do diafragma quanto do ECM, porém o predomínio da ativação do músculo acessório na situação de sobrecarga é semelhante ao apresentado pelos indivíduos com DPOC no estudo de Dornelas de Andrade *et al.*<sup>27</sup>. Considerando que os pacientes com IC não apresentam a alteração biomecânica do diafragma em decorrência de hiperinsuflação, como é observado nos indivíduos com DPOC, são necessários novos estudos para verificar os mecanismos relacionados com este comportamento. Segundo Mancini *et al.*<sup>37,38</sup> é possível que haja redução dos níveis de oxigênio na musculatura respiratória desses pacientes e também redução de fibras tipo I<sup>39</sup>, o que comprometeria principalmente a ação do diafragma que é um músculo de metabolismo predominantemente aeróbio.

É importante salientar que neste estudo não foi definido um padrão de respiração a ser adotado durante a sobrecarga inspiratória. Desta forma, seria interessante avaliar se estas respostas seriam semelhantes se o padrão fosse definido, por exemplo com a utilização da respiração diafragmática como utilizada no estudo de Dall'Ago *et al.*<sup>17</sup>.

Quanto à padronização do procedimento de normalização para os músculos respiratórios, não existe um consenso estabelecido<sup>26,30</sup>. A ATS<sup>26</sup> comenta que a normalização durante a respiração espontânea não seria prática, pois muitos músculos respiratórios não apresentam ativação durante essa situação, sendo preferível a normalização durante manobras de esforços inspiratórios máximos. Sinderby *et al.*<sup>30</sup> conseguiram um valor de RMS mais alto e reprodutível do diafragma durante a manobra de capacidade pulmonar total em sujeitos saudáveis, com DPOC e com doenças restritivas. Apesar dessas considerações, no presente estudo foi utilizada a normalização dos músculos pela respiração sem carga, pois além de ser citada na literatura<sup>27,30</sup>, acredita-se que a interferência de outras

musculaturas adjacentes (*cross-talk*), possivelmente ativadas durante esforços máximos, seja melhor controlada nesta situação <sup>36</sup>.

Considera-se um bom protocolo de treinamento da musculatura inspiratória aquele no qual o músculo seja acionado com sobrecarga que gere encurtamento de suas fibras similar ao que ocorre nas situações funcionais as quais este músculo é requerido <sup>40</sup>. Nesse sentido, para os indivíduos com IC, seria interessante utilizar um protocolo que otimizasse a função do diafragma, pois ele é considerado o músculo mais efetivo na inspiração, quando não há comprometimento biomecânico. No que diz respeito à ativação do ECM e do diafragma, foi observado no presente estudo, que tanto na carga de 30% quanto na de 50% da P<sub>Imáx.</sub>, o ECM foi mais ativado que o diafragma. No entanto, o nível de ativação, a geração de força e o trabalho muscular não se relacionam necessariamente <sup>26,41,42</sup>. A força muscular depende de parâmetros como o comprimento do músculo, de sua área de secção transversa, da velocidade de contração e da distribuição dos componentes elásticos <sup>41</sup>. Ratnovsky *et al.* <sup>41</sup> investigaram a geração de força do ECM e dos intercostais externos (IE) durante manobras inspiratórias em sujeitos saudáveis. Esses pesquisadores utilizaram um modelo mecânico (Modelo de Hill) para o cálculo das forças e observaram que o ECM apresentou um nível de atividade similar a dos IE (aproximadamente 30 $\mu$ V) durante uma manobra inspiratória específica, porém a força gerada pelos IE foi maior (30N) que a gerada pelos ECM (10N). Em outro trabalho, Ratnovsky e Elad <sup>42</sup> construíram um modelo bidimensional de tronco humano para prever as forças geradas pelos músculos respiratórios assim como o trabalho realizado por esses músculos durante manobras respiratórias. Esses autores observaram que o trabalho realizado pelo diafragma é significativamente maior do que o realizado pelos IE e pelo ECM para todos os níveis de esforço respiratório (consideraram 3 níveis de esforço respiratório: baixo volume de 30 a 60% da capacidade vital, médio volume de 20 a 80% da capacidade vital e alto

volume de 0 a 80% da capacidade vital). Porém, à medida que o esforço respiratório aumentou, o trabalho do diafragma diminuiu e o trabalho dos IE e ECM aumentou fato atribuído ao envolvimento de grandes volumes pulmonares, condição na qual suas fibras tornam-se mais horizontalizadas, reduzindo a capacidade de encurtamento.

Portanto, os dados do presente estudo em conjunto com os disponíveis na literatura, indicam a necessidade de novas investigações que permitam a avaliação da ativação muscular assim como a contribuição mecânica do diafragma na geração dos volumes pulmonares durante diferentes protocolos de exercícios com limiar de carga inspiratória. Até o momento, do ponto de vista biomecânico, não existem dados suficientes que possam indicar qual intensidade ou padrão de exercício respiratório seria mais adequado para os indivíduos com IC.

### **Conclusão**

Este estudo sugere que ocorre aumento da atividade eletromiográfica dos músculos respiratórios de indivíduos com IC durante a utilização do Threshold<sup>®</sup> especialmente em cargas mais elevadas, com predomínio de ativação de musculatura acessória. No que diz respeito à ativação muscular, tanto a carga de 30% quanto a carga de 50% da P<sub>Imáx</sub>. produzem maior ativação do ECM em relação ao diafragma.

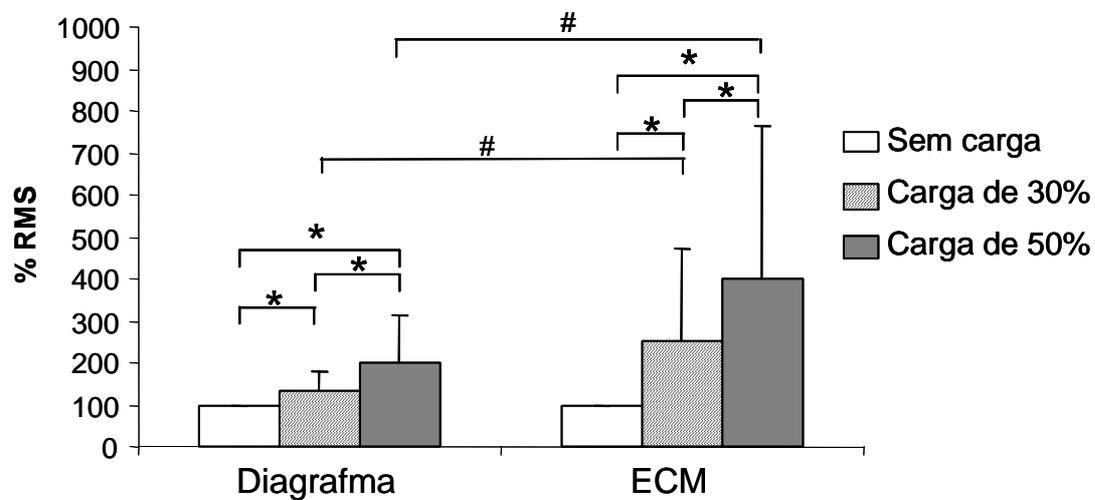


FIGURA 1 – Representação dos níveis de ativação dos músculos diafragma e esternocleidomastóideo (ECM) nas situações de respiração sem carga, respiração com limiar de carga inspiratória de 30% e de 50% da  $P_{Imáx}$ . RMS = *root mean square*. \*  $p < 0,05$  comparação entre diferentes cargas e #  $p < 0,05$  comparação entre músculos na mesma carga.

TABELA 1 – Características antropométricas e clínicas (n = 10 homens)

Variáveis	Média ± DP
Idade (anos)	52,6 ± 5,6
Massa corporal (Kg)	71 ±7
Altura (cm)	165,4 ±3,4
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	26 ±2,7
PImáx. (cmH <sub>2</sub> O)	64 ±8,4
PImáx. (% do previsto <sup>1</sup> )	56,6 ±8,6
CVF (L)	3,7 ±0,3
VEF <sub>1</sub> (L)	3 ±0,4
CVF (% do previsto <sup>2</sup> )	87,0±7,4
VEF <sub>1</sub> (% do previsto <sup>2</sup> )	85,2±9,1
FC (bpm)	66 ±11,3
PAS (mmHg)	103 ±15
PAD (mmHg)	70 ±10,5
SAT <sub>HbO<sub>2</sub></sub> (%)	96,7 ±0,8
FEVE (%)	31,16±9,7

<sup>1</sup> Valor previsto com base no estudo de Neder *et al.* <sup>22</sup>; <sup>2</sup> Valor previsto com base no estudo de Pereira *et al.* <sup>23</sup>; IMC = índice de massa corporal; PImáx.= pressão inspiratória máxima; CVF= Capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>= Volume expiratório forçado no 1º segundo; FC= Frequência cardíaca; PAS= Pressão arterial sistólica; PAD= Pressão arterial diastólica; SAT<sub>HbO<sub>2</sub></sub>= Saturação periférica da hemoglobina pelo oxigênio; FEVE= Fração de ejeção do ventrículo esquerdo.

TABELA 2 – Variações dos parâmetros ventilatórios durante o uso do Threshold<sup>®</sup> em diferentes cargas

Variáveis	Carga			Valor p
	0	30%	50%	
VC (ml)	449,1 ± 140,9	572,4 ± 244,3	623,9 ± 320,2	0,497
VM (L/min)	5,5 ± 2,5	6,5 ± 2,7	6 ± 2,3	0,387
FR (irpm)	13,3 ± 1,9	12,9 ± 3,8	11,8 ± 5,3	0,590

VC= volume corrente; VM= volume minuto; FR= frequência respiratória. Teste de Friedman

## Referências

- 1 Sociedade Brasileira de Cardiologia. Revisão das II diretrizes da sociedade brasileira de cardiologia para diagnóstico e tratamento da insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2002; 79(Suple IV):1-30.
- 2 Hunt et al. Guideline update for the diagnosis and management of chronic heart failure in the adult. *Circulation.* 2005; 112(12):154-235.
- 3 Chula ED. Insuficiência Cardíaca – Epidemiologia, classificação e diagnóstico. In: Filho, WCP, Barbosa, MM, editores. *Cardiologia – Sociedade Mineira de Cardiologia.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005;241-54.
- 4 Pina IL, Apstein CS, Balady GJ, Berlardinelli R, Chaitman BR, Duscha BD, et al. Exercise and heart failure: a statement from the American Heart Association committee on exercise, rehabilitation, and prevention. *Circulation.* 2003; 107(8): 1210-25.
- 5 Clark AL. Origin symptoms in chronic heart failure. *Heart.* 2006; 92(1):12-16.
- 6 Sullivan MJ, Green HJ, Cobb FR. Skeletal muscle biochemistry and histology in ambulatory patients with long-term heart failure. *Circulation.* 1989; 81(2):518-27.
- 7 Drexler H, Riede U, Münzel T, König BS, Funke E, Just H. Alterations of skeletal muscle in chronic heart failure. *Circulation.* 1992; 85(5):1751-59.
- 8 Coats AJS. The “muscles hypothesis” of chronic heart failure. *J Mol Cell Cardiol* 1996; 28(11):2255-62.
- 9 Dempsey JA, Romer L, Rodman J, Miller J, Smith C. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respir Physiol Neurobiol.* 2006; 151(2-3):242-50.
- 10 Cochrane Database of Systematic Reviews. Rees K, Taylor RS, Singh S, Coats AJS, Ebrahim S. Exercise based rehabilitation for heart failure. 2004. Disponível em: <http://www.cochrane.org/>.
- 11 Mancini D, Henson D, Manca J, Donchez L, Levine S. Benefit of selective respiratory muscle training on exercise capacity in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation.* 1995; 91(2): 320-9.
- 12 Johnson PH, Cowley AJ, Kinnear WJM. A randomized controlled trial of inspiratory muscle training in stable chronic heart failure. *Eur Heart J.* 1998; 19(8): 1249-53.
- 13 Weiner P, Waizman J, Magadle R, Berar-Yanay N, Pelled B. The effect of specific inspiratory training on the sensation of dyspnea and exercise tolerance in patients with congestive heart failure. *Clin Cardiol.* 1999; 22(11):727-32.
- 14 Cahalin LP, Semigran MJ, Dec GW. Inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure awaiting cardiac transplantation: results of a pilot clinical trial. *Phys Ther.* 1997; 77(8):830-8.

- 15 Martínez A, Lisboa C, Jalil J, Muñoz V, Díaz O, Casanegra P, et al. Entrenamiento selectivo de los músculos respiratórios em pacientes com insuficiência cardíaca crônica. *Rev Med Chil.* 2001; 129(2): 133-9.
- 16 Laoutaris I, Dritsas A, Brown MD, Manginas A, Alivizatos PA, Cokkinos DV. Inspiratory muscle training using an incremental endurance test alleviates dyspnea and improves functional status in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004; 11(6):489-96.
- 17 Dall'Ago P, Gaspar RSC, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness. *J Am Coll Cardiol.* 2006; 47(4):757-63.
- 18 Laoutaris ID, Dritsas A, Brown MD, Manginas A, Kallistratos MS, Degiannis D, et al. Immune response to inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure. *J Cardiopul Rehabil Prev.* 2007;14(5): 679-85.
- 19 Chiappa GR, Roseguini BT, Vieira PJC, Alves CN, Tavares A, Winkelmann ER, et al. Inspiratory muscle training improves blood flow to resting and exercising limbs in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51(17): 1663-71.
- 20 Laoutaris I, Dritsas A, Brown MD, Manguinas A, Kallistratos MS, Chaidaroglou A, et al. Effects of inspiratory muscle training on autonomic activity, endothelial vasodilator function, and N-terminal pro-brain natriuretic peptide levels in chronic heart failure. *J Cardiopul Rehabil Prev.* 2008; 28(2):99-106.
- 21 Levi-Orozco M. Structure and function of the respiratory muscles in patients with COPD: impairment or adaptation? *Eur Respir J.* 2003; 22 Suppl 46:S41-51.
- 22 Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz Med Biol Res.* 1999;32(6):719-27,
- 23 Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. Novos valores de referências para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *J Bras Pneumol.* 2007;33(4):397-406.
- 24 Merletti R. Standards for reporting EMG data. *J Electromyogra and Kinesiol.*1999; 9:3-4.
- 25 European recommendations for surface electromyography. Desenvolvido por Surface electromyography for noninvasive assesment of muscles, 2008. Disponível em :<http://www.seniam.org/>.
- 26 American Thoracic Society; European Respiratory Society. Statement on respiratory muscle testing. *Am J Crit Care Med.* 2002;166(4):518-624.
- 27 Dornelas de Andrade A, Silva TNS, Vasconcelos H, Marcelino M, Rodrigues-Machado MG, Galindo Filho VC, et al. Inspiratory muscular activation during threshold® therapy in elderly healthy and patients with COPD. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(6):631-9.

- 28 Demoule A, Verin E, Locher C, Derenne JP, Similowski T. Validation of surface recordings of the diaphragm response to transcranial magnetic stimulation in humans. *J Appl Physiol.* 2003; 94(2):453-61
- 29 Glerant JC, Mustfa N, Man WD, Luo YM, Rafferty G, Polkey MI, et al. Diaphragm electromyograms recorded from multiple surface electrodes following magnetic stimulation. *Eur Respir J.* 2006; 27(2):334-42.
- 30 Sinderby C, Beck J, Spahija J, Weinberg J, Grassino A. Voluntary activation of the human diaphragm in health and disease. *J Appl Physiol.* 1998; 85(6): 2146-58.
- 31 Falla D, Dall'Alba P, Rainoldi A, Merletti R, Jull G. Location of innervation zones of sternocleidomastoid and scalene muscles – a basis for clinical and research electromyography applications. *Clin Neurophysiol.* 2002; 113(1):57-63.
- 32 Parreira VF, Tomich GM, Britto RR, Sampaio RF. Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. *Braz Med Biol Res.* 2005; 38(7):1105-12.
- 33 Yan S, Bates JH. Breathing responses to small inspiratory threshold loads in humans. *J. Appl. Physiol.* 1999; 86(3):874-80.
- 34 Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Phys Ther.* 2000; 80(5):485-98.
- 35 Knutson LM, Soderberg GL, Ballantyne BT, Clarke WR. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. *J Electromyogr Kinesiol.* 1994; 4(1):47-59.
- 36 Dornelas de Andrade A, Silva TS, Nobre E. Electromyographic activity of respiratory muscles: the possibility of considering diaphragmatic EMG as an isolated signal (Reply to the letter to the editor). *Respir Physiol Neurobiol.* 2007; 158:3-4.
- 37 Mancini DM, Ferraro N, Nazzaro D, Chance B, Wilson JR. Respiratory muscle deoxygenation during exercise in patients with heart failure demonstrated with near-infrared spectroscopy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1991; 18(2):492-98.
- 38 Mancini DM, Henson D; LaManca J, Levine S. Respiratory muscle function and dyspnea in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation.* 1992; 86(3): 909-17.
- 39 Hugues PD, Polkey MI, Harris ML, Coats AJS, Moxham J, Green M. Diaphragm strength In chronic heart failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1999;.160(2): 529-34.
- 40 Reid WD, Samral B. Respiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther.* 1995;75(11):996-1005.

- 41 Ratnovsky A, Zaretsky U, Shiner RJ, Elad D. Integrated approach for in vivo evaluation of respiratory muscles mechanics. *J Biomech.* 2003; 36(12):1771-84.
- 42 Ratnovsky A, Elad D. Anatomical model of the human trunk for analysis of respiratory muscles mechanics. *Respir Physiol Neurobiol.* 2005; 148(3): 245-62.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intenção inicial deste estudo foi avaliar se há diferença na ativação dos músculos respiratórios de indivíduos com IC quando são utilizadas diferentes limiares de sobrecarga inspiratória assim como parâmetros de ventilação e participação dos compartimentos superior e inferior da caixa torácica na geração do volume corrente durante as sobrecargas. Foram diversas as limitações, incluindo a utilização da eletromiografia de superfície, a impossibilidade de analisar a participação dos compartimentos da caixa torácica durante o exercício mas principalmente a dificuldade na seleção e participação dos voluntários. Apesar disso, foi possível, de certa forma, avaliarmos o que propomos.

Este estudo permitiu verificar que tanto o diafragma, músculo principal da inspiração, quanto o ECM, músculo acessório, dos pacientes com IC e fraqueza muscular inspiratória, apresentaram aumento da ativação tanto na carga de 30% quanto na carga de 50% da  $P_{lm\acute{a}x}$ . sendo a ativação dos dois músculos maior na segunda carga. Foi visto também que o ECM desses pacientes apresentou maior aumento de ativação tanto na carga de 30% quanto na carga de 50% da  $P_{lm\acute{a}x}$ . em relação ao diafragma, sendo praticamente duas vezes maior nas duas situações. Para a análise da participação dos compartimentos da caixa torácica durante o exercício, foi observado que 40% dos pacientes apresentaram assincronia na movimentação torácica, principalmente na carga de 50% da  $P_{lm\acute{a}x}$ ., o que inviabilizou maiores análises nesse sentido.

Os resultados deste estudo, sugerem que o TMI para pacientes com IC, como tem sido utilizado na literatura, prioriza a ativação da musculatura acessória e que benefícios clínicos tem sido alcançados com esse tipo de intervenção. Podemos sugerir que a utilização de cargas mais baixas juntamente com a orientação do uso

do padrão diafragmático no TMI em pacientes com IC seja recomendável, porém as variáveis mensuradas e o desenho do estudo e não nos permite fazer análises sobre a participação mecânica do diafragma nem sobre a superioridade de um determinado protocolo de treinamento.

Propostas para estudos que investiguem as relações da sobrecarga de exercício, ativação diafragmática e produção mecânica do diafragma são pertinentes visto que, teoricamente, num treinamento ideal, o nível de ativação muscular e o trabalho muscular devem andar juntos.

## ANEXO A

### Aprovação do Comitê de Ética



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 158/08

Interessado(a): **Profa. Raquel Rodrigues Britto**  
**Departamento de Fisioterapia**  
**EEFFTO - UFMG**

#### DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 7 de maio de 2008, o projeto de pesquisa intitulado "**Ativação muscular inspiratória durante exercício com limiar de carga inspiratória em pacientes com insuficiência cardíaca**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Maria Teresa Marques Amaral', is positioned above the printed name.

**Prof. Maria Teresa Marques Amaral**  
**Coordenadora do COEP-UFMG**

## ANEXO B

### Parecer do Departamento de Clínica Médica da UFMG



PARECER CLM-009-08

#### PARECER SOBRE PROJETO DE PESQUISA

##### A – Identificação:

1. Título: "Ativação Muscular Inspiratória Durante Exercício com Limiar de Carga Inspiratória em Pacientes com Insuficiência Cardíaca."
2. Pesquisador Responsável: Daniela Melillo Martins
3. Orientadora: Profa. Dra. Raquel Rodrigues Britto
4. Pesquisadora Associada: Profa. Dra. Maria Consolação Vieira Moreira
5. Instituição Responsável: Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório do Departamento de Fisioterapia – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG / Ambulatório de Insuficiência Cardíaca do Hospital das Clínicas da UFMG
6. Data de entrada: 13/02/08
7. Data do parecer: 28/02/08
8. Caráter: Projeto de Pesquisa que será desenvolvido pela Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UFMG, Daniela Melillo Martins.

##### B – Objetivos do Estudo

1. Avaliar o nível de ativação da musculatura inspiratória de pacientes com ICC durante exercício com limiar de carga inspiratória em diferentes intensidades.
2. Avaliar durante o repouso e durante exercício com limiar de carga inspiratória regulado a 30% Pimáx., a 50% Pimáx. E a 70% Pimáx.: a) a diferença entre os níveis de ativação do músculo esternocleidomastóideo; b) a diferença entre os níveis de ativação do músculo diafragma; c) a diferença entre o nível de ativação do esternocleidomastóideo e do diafragma.
3. Avaliar a sobrecarga ventilatória nos diferentes limiares de carga inspiratória.
4. Avaliar a existência de correlações entre os níveis de ativação muscular dos músculos esternocleidomastóideo e diafragma e a sobrecarga ventilatória.

##### C – Corpo do Projeto

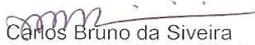
O Projeto, mostrando-se completo e bem elaborado, compõe-se de Resumo, Introdução Objetivos Material e Métodos, Viabilidade e Referências.

##### D – Acompanha o Projeto:

- # Termo de consentimento Livre e Esclarecido
- # Ofício de encaminhamento do Projeto ao Departamento de Clínica Médica da FM-UFMG
- # Carta de anuência da Profa. Maria Consolação Vieira Moreira

**PARECER:** Favorável pela aprovação desde que se anexe termo de compromisso da Pesquisadora em cumprir os termos da Resolução 196 do Conselho Nacional de Saúde.

PARECER APROVADO PELA CAMARA DEPARTAMENTAL DO CLM, EM 12/03/08

  
 Prof. José Carlos Bruno da Siveira  
 Chefe do Departamento de Clínica Médica  
 Presidente da Câmara Departamental

## ANEXO C

### Ata da defesa



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
 ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL  
 COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO  
 DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONAL  
 E-MAIL: [mesreab@effto.ufmg.br](mailto:mesreab@effto.ufmg.br) SITE: [www.eeffto.ufmg.br/mreab](http://www.eeffto.ufmg.br/mreab)  
 Fone/fax: 31- 3409.4781

ATA DE NÚMERO 115(CENTO E DEZOITO) DA SESSÃO DE ARGUIÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO APRESENTADA PELA CANDIDATA DANIELA MELILLO MARTINS DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO.-----

Aos 13 (treze) dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e nove, realizou-se na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, a sessão pública para apresentação e defesa da dissertação "ATIVACÃO MUSCULAR INSPIRATÓRIA DURANTE EXERCÍCIO COM LIMAR DE CARGA INSPIRATÓRIA EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA" de DANIELA MELILLO MARTINS. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes professores doutores: Raquel Rodrigues Britto, Armêle Dornelas de Andrade, Lidiane Aparecida Pereira de Sousa e Verônica Franco Parreira sob a presidência da primeira. Os trabalhos iniciaram-se às 9:30 horas com apresentação oral da candidata, seguida de arguição dos membros da Comissão Examinadora. Após avaliação, os examinadores consideraram a candidata *aprovada e apta a receber o título de Mestre após a entrega da versão definitiva da dissertação*. Nada mais havendo a tratar, eu, Marilane Soares, secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação dos Departamentos de Fisioterapia e de Terapia Ocupacional da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada será assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 13 de fevereiro de 2009.-----

Professora Drª Raquel Rodrigues Britto

Professora Drª Armêle Dornelas de Andrade

Professora Drª Lidiane Aparecida Pereira de Sousa

Professora Drª Verônica Franco Parreira

Marilane Soares

Secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação

**Marilane Soares**

Secretária do Colegiado de Pós-Graduação  
 em Ciências da Reabilitação da EEFPTO/UFMG

## ANEXO D

### Parecer de defesa



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
 ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL  
 COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO  
 DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONAL  
 E-MAIL: [mesreab@eeffto.ufmg.br](mailto:mesreab@eeffto.ufmg.br) SITE: [www.eeffto.ufmg.br/mreab](http://www.eeffto.ufmg.br/mreab)  
 Fone: 31- 3409.4781

#### P A R E C E R

Considerando que a dissertação de mestrado de DANIELA MELILLO MARTINS intitulada "ATIVÇÃO MUSCULAR INSPIRATÓRIA DURANTE EXERCÍCIO COM LIMIAR DE CARGA INSPIRATÓRIA EM PACIENTES COM INSUFICÊNCIA CARDÍACA" defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, nível mestrado, cumpriu sua função didática, atendendo a todos os critérios científicos, a Comissão Examinadora **APROVOU** a defesa de dissertação, conferindo-lhe as seguintes indicações:

Profª Drª Raquel Rodrigues Britto

*mmillo* *aprovada*

Profª Drª Armêle Dornelas de Andrade

*AD* *Aprovada*

Profª Drª Lidiane Aparecida Pereira de Sousa

*Lidiane Ap. P. de Sousa* *Aprovada*

Profª Drª Verônica Franco Parreira

*Verone* *Aprovada*

Belo Horizonte, 13 de fevereiro de 2009.

*Margarete Melillo*  
 Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação/EEFFTO/UFMG

Profª. Dra. Raquel Rodrigues Britto  
 Sub-Coordenadora do Colegiado de Pós-Graduação em  
 Ciências da Reabilitação/EEFFTO/UFMG

## ANEXO E

### Questionário para investigação de doenças respiratórias

---

1- Presença de tosse ou expectoração.

( ) sim ( ) não

2- Presença de chiado (com ou sem necessidade de tratamento).

( ) sim ( ) não

3- Sintoma de gripe nos últimos 7 dias como tosse, expectoração, chiado ou dor no peito.

( ) sim ( ) não

4- Antecedente de doenças respiratórias (asma e tuberculose) e cirurgia torácica.

( ) sim ( ) não

5- Ter trabalhado em ambiente com poeira por um ano ou mais.

( ) sim ( ) não

6- Tabagismo (menos de um cigarro/dia,por um ano).

( ) sim ( ) não

---

PEREIRA, C. A. C.; SATO, T.; RODRIGUES, S. C., 2007 Novos valores de referências para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *J. Bras. Pneumol*, v.33, n.4, p.397-406, 2007.

## **APÊNDICE A**

### **Termo de consentimento livre e esclarecido**

Prezado (a) senhor (a) :

Obrigada pelo seu interesse em participar do estudo: “**ATIVAÇÃO MUSCULAR INSPIRATÓRIA DURANTE EXERCÍCIO COM LIMIAR DE CARGA INSPIRATÓRIA EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA**”. Esta é uma pesquisa muito importante para a comunidade científica, pois tem como objetivo avaliar alguns parâmetros de indivíduos com Insuficiência Cardíaca durante a realização de exercícios respiratórios e dessa forma contribuir para o acompanhamento terapêutico desses indivíduos.

#### **Responsáveis:**

Profa. Dra. Raquel Rodrigues Britto do Departamento de Fisioterapia / Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Daniela Melillo Martins, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação pela UFMG.

#### **Como será sua participação:**

O (a) sr. (a) deverá comparecer uma vez ao Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG que fica no Campus da universidade na Pampulha. O tempo gasto para a avaliação será de aproximadamente 2 horas.

Serão feitas, inicialmente, algumas perguntas sobre o seu estado de saúde, será medido seu peso e altura bem como seus dados vitais. Depois o senhor(a) realizará medidas de volumes pulmonares através

de um aparelho chamado espirômetro onde o senhor(a) posicionará os lábios, expirando o máximo que conseguir. Após um período de descanso de aproximadamente 30 minutos o(a) sr.(a) realizará algumas medidas de pressão inspiratória que serão feitas através de um aparelho chamado manovacuômetro onde o senhor(a) posicionará os lábios, inspirando o máximo que conseguir. Novamente o senhor(a) passará por um novo período de descanso de aproximadamente 30 minutos e assim serão realizadas as medidas de pletismografia respiratória por indutância que serão feitas por duas faixas elásticas posicionadas ao redor do tórax e do abdômen e medidas de eletromiografia de superfície que serão feitas por eletrodos, iguais aos eletrodos do eletrocardiograma, posicionados no tórax e na região lateral do pescoço. O senhor(a) ficará assentado numa poltrona para a realização dessas medidas. Durante o registro dessas medidas o senhor(a) realizará exercícios respiratórios com um aparelho chamado Threshold®. Nesse exercício, os lábios ficarão posicionados no bocal do aparelho enquanto o senhor(a) respirará contra a resistência do aparelho. Serão 2 tipos de exercício com cargas diferentes e cada exercício terá a duração de 3 minutos, com intervalo de 3 minutos entre os exercícios. Sua frequência cardíaca e saturação periférica de oxigênio e pressão arterial serão observados constantemente. Todos os métodos de medida não provocam dor e nem são invasivos. Somente serão realizados se o (a) sr. (a) estiver se sentindo bem. Todo o material utilizado é descartável ou esterilizado.

**Possíveis riscos e desconfortos:**

Poderá ocorrer uma vermelhidão passageira na pele onde os eletrodos da eletromiografia serão colocados porém é uma reação passageira e normalmente não causa grande incômodo. Poderá ocorrer durante os exercícios uma sensação de falta de ar e o coração baterá mais rápido. Estas alterações são normais durante o exercício. O teste será imediatamente interrompido ao seu pedido ou diante de qualquer sinal e sintoma diferente do normal, sendo tomada as providências necessárias. O laboratório contém todo o material de primeiros socorros necessário para qualquer emergência.

**Benefícios esperados:**

O (a) sr. (a) receberá um relatório com o valor do seu teste de espirometria tendo desta forma conhecimento de sua função pulmonar. Os resultados dessa pesquisa poderão ser utilizados como referência para o desenvolvimento de outros estudos e para auxiliar na determinação da melhor conduta reabilitadora em indivíduos com insuficiência cardíaca.

**Forma de acompanhamento e assistência:**

Os testes e exercícios serão realizados pela mestrandia Daniela Melillo Martins no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório. Assistência médica estará disponível em caso de qualquer intercorrência.

**Garantia de esclarecimento**

O (a) sr. (a) tem o direito de receber informações acerca da pesquisa e dos procedimentos que serão realizados em qualquer momento da pesquisa.

**Garantia de sigilo**

Seu nome será mantido em anonimato. Sua identidade não será revelada em nenhum momento. Os dados obtidos serão confidenciais e serão utilizados apenas para fins científicos.

**Direito de recusa**

A sua participação é livre e o (a) sr. (a) poderá se recusar a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalização ou prejuízo.

**Ressarcimento e indenização**

Não haverá nenhum gasto financeiro e nem será paga nenhuma quantia.. O (a) sr. (a) será indenizado se houver algum dano decorrente da pesquisa. Gastos com transporte serão pagos. Em caso de dúvidas o (a) sr. (a) poderá entrar em contato com qualquer um dos pesquisadores nos telefones abaixo.

Diante destas informações, se for de sua vontade participar deste estudo, favor preencher o consentimento abaixo:

**Consentimento:** Declaro que li e entendi as informações contidas acima e que todas as dúvidas foram esclarecidas.

Desta forma, eu \_\_\_\_\_  
concordo em participar dessa pesquisa.

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

**Telefones e endereços para contato:**

- Professora Raquel Rodrigues Britto

**Endereço:** Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha. Belo Horizonte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

**Telefone:** 3409 – 4782/ 3409-4777

- Daniela Melillo Martins

**Endereço:** Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha. Belo Horizonte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare)

**Telefone:** 3409 -4777 / 8455-9105

- Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP)

**Endereço:** Avenida Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II – 2º andar. Campus Pampulha. Belo Horizonte.

**Telefone:** 3409-4592 ou 3409-4027

## APÊNDICE B

### Ficha de avaliação de acompanhamento

FICHA DE AVALIAÇÃO - PESQUISADORA DANIELA MELILLO MARTINS  
 "ATIVAÇÃO MUSCULAR INSPIRATÓRIA DURANTE EXERCÍCIO COM LIMAR DE CARGA  
 INSPIRATÓRIA EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA"

Nome: \_\_\_\_\_

sexo (M) (F)

Idade: \_\_\_\_\_ Data de nascimento \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_

Estado Civil: ( ) casado ( ) solteiro ( ) viúvo ( ) separado ( ) outros

Naturalidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_ País: \_\_\_\_\_

Profissão/ atividade: \_\_\_\_\_

Aposentado sim( ) não( )

Endereço: \_\_\_\_\_ Tels: \_\_\_\_\_

Médico Responsável

(nome,telefone): \_\_\_\_\_

ICC: \_\_\_\_\_ NYHA \_\_\_\_\_ Eco em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ FE \_\_\_\_\_

Peso \_\_\_\_\_ Altura \_\_\_\_\_ IMC \_\_\_\_\_

#### Questionário ( respondido em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ )

1- Presença de tosse ou expectoração.

( ) sim ( ) não

2- Presença de chiado (com ou sem necessidade de tratamento).

( ) sim ( ) não

3- Sintoma de gripe nos últimos 7 dias como tosse, expectoração, chiado ou dor no peito.

( ) sim ( ) não

4- Antecedente de doenças respiratórias (asma e tuberculose) e cirurgia torácica.

( ) sim ( ) não

5- Ter trabalhado em ambiente com poeira por um ano ou mais.

( ) sim ( ) não

6- Tabagismo (menos de um cigarro/dia,por um ano).

( ) sim ( ) não

**Medida da PImáx.** ( realizada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ ) \_\_\_\_\_ % da predita

1 - \_\_\_\_\_ 2- \_\_\_\_\_ 3- \_\_\_\_\_ 4- \_\_\_\_\_ 5- \_\_\_\_\_ 6- \_\_\_\_\_ 7- \_\_\_\_\_ 8- \_\_\_\_\_ 9- \_\_\_\_\_ 10- \_\_\_\_\_

#### OBSERVAÇÕES:

**Protocolo de coleta** ( realizada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ )

Cargas: 30% Pimáx.: \_\_\_\_\_ 50% Pimáx.: \_\_\_\_\_ Ordem aleatória das cargas: 1<sup>a</sup> \_\_\_\_\_ 2<sup>a</sup> \_\_\_\_\_

1 (sem carga)-----

2-----

3 (1<sup>a</sup> carga)-----

4-----

5-----

6-----

7-----

8-----

9 (2<sup>a</sup> carga)-----

10-----

11-----

FC I \_\_\_\_\_ bpm PA I \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_ mmHg SatO2 I \_\_\_\_\_ % Temperatura axilar \_\_\_\_\_°

FC F \_\_\_\_\_ bpm PA F \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_ mmHg SatO2 F \_\_\_\_\_ %

### **FÓRMULAS PARA CÁLCULO DA PIMÁX PREDITA E CVF / VEF1:**

**HOMENS:**

**Previsto PImáx.** =  $-0,80 ( IDADE) + 155,3$

**Previsto CVF** = estatura cm x 0,0599 – idade x 0,0213 – peso kg x 0,0106 – 3,748 / Limite inferior: previsto – 0,91

**Previsto VEF1** = estatura cm x 0,0398 – idade x 0,0257 – peso Kg x 0,0077 – 1,201 / Limite inferior: previsto – 0,79

**OBSERVAÇÕES:**

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)