



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

LUÍS HENRIQUE SARMENTO TENÓRIO

**A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE A
MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA, PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS
E FUNÇÃO PULMONAR EM OBESOS MÓRBIDOS.**

Recife, 2012

LUÍS HENRIQUE SARMENTO TENÓRIO

**A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE A
MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA, PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS
E FUNÇÃO PULMONAR EM OBESOS MÓRBIDOS.**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Fisioterapia da
Universidade Federal de Pernambuco
para obtenção do título de Mestre em
Fisioterapia

Área de concentração:

Linha de Pesquisa: Desempenho físico-funcional e qualidade de vida

Orientadora: Maria do Socorro Brasileiro Santos

Co-orientadora: Anna Myrna Jaguaribe de Lima

Recife, 2012

Catálogo na fonte
Bibliotecária Giseani Bezerra, CRB4-1738

T289i	Tenório, Luís Henrique Samento. A influência do treinamento muscular inspiratório sobre a mobilidade diafragmática, pressões respiratórias máximas e função pulmonar em obesos mórbidos / Luís Henrique Samento Tenório. – Recife: O autor, 2012. 46 folhas : il. ; 30 cm. Orientador: Maria do Socorro Brasileiro Santos. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, 2012. Inclui bibliografia, apêndices e anexos. 1. Treinamento muscular inspiratório. 2. Músculos respiratórios. 3. Obesidade. 4. Diafragma. I. Santos, Maria do Socorro Brasileiro (Orientador). II. Título. 615.8 CDD (23.ed.) UFPE (CCS2012-082)
-------	--

"INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE A FUNÇÃO PULMONAR, PRESSÕES RESPIRATÓRIAS MÁXIMAS E MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA EM OBESOS MÓRBIDOS".

LUÍS HENRIQUE SARMENTO TENÓRIO

APROVADA EM: 16/03/2012

ORIENTADOR: PROF^a. DR^a. MARIA DO SOCORRO BRASILEIRO SANTOS

COORIENTADOR: PROF^a. DR^a. ANNA MYRNA JAGUARIBE DE LIMA

COMISSÃO EXAMINADORA:

PROF^a DR^a. – SÍLVIA REGINA ARRUDA DE MORAES – ANATOMIA/UFPE

PROF^a DR^a. CÉLIA MARIA MACHADO BARBOSA DE CASTRO – MEDICINA TROPICAL/UFPE

PROF^o. DR^o. – GILMÁRIO RICARTE BATISTA – EDUCAÇÃO FÍSICA/UFPE

Visto e permitida à impressão

Coordenador do PPGFISIOTERAPIA/DEFISIO/UFPE

AGRADECIMENTOS

À Professora Maria do Socorro Brasileiro Santos, por acreditar neste projeto, no suporte, nas palavras de confiança e incentivo, na minha formação. Serei eternamente grato.

À Professora Anna Myrna Jaguaribe de Lima, pela dedicação, orientação e ajuda em todas as etapas deste projeto. Obrigado por tudo.

A toda minha família, especialmente minha mãe, Flávia Lages Sarmento e meu irmão, Gilberto Sarmento Marques de Lima, pelo incentivo diário em vencer todos os obstáculos da vida.

À Viviane Ferreira de Vasconcelos, minha inspiração, minha vida, meu amor eterno. Obrigado por estar ao meu lado durante este caminho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco, pelo conhecimento ao longo desses anos, em especial a Professora Kátia Karina do Monte Silva, pela experiência e paciência durante o estágio a docência. Muito obrigado.

As secretarias do Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco, Niedje M Paiva Melo e Maria Carolina H Alves da Silva pela eterna ajuda e competência.

Aos médicos José Bezerra Câmara Neto, chefe do setor de Cirurgia Geral do Hospital Agamenon Magalhães, e Fernando José do Amaral, chefe do setor de Radiologia do Hospital Barão de Lucena, por acreditarem e tornarem este projeto possível.

Aos voluntários que aceitaram participar deste projeto. Muito obrigado.

RESUMO

Objetivos: Determinar, em indivíduos obesos mórbidos, a mobilidade diafragmática e avaliar as repercussões do treinamento muscular inspiratório (TMI) de doze semanas sobre a função pulmonar e pressões respiratórias máximas nesses indivíduos. **Desenho do Estudo:** Avaliou-se a função pulmonar, mobilidade diafragmática (MD) e pressões respiratórias máximas antes e após o TMI. Avaliou-se o efeito do TMI sobre a força muscular respiratória, excursão diafragmática e função pulmonar em 31 indivíduos obesos mórbidos. Os voluntários foram randomizados em dois grupos: O grupo do treinamento muscular inspiratório (GTMI: n=16) que seguiu o protocolo de TMI com duração de doze semanas, realizado cinco vezes por semana, durante 30 minutos diários (15 minutos pela manhã e 15 minutos pela noite) e carga de 30% da pressão inspiratória máxima (PImax); O grupo controle (GC: n=15) que seguiu o mesmo protocolo de TMI sem carga inspiratória. **Resultados:** Após o TMI observou-se aumento significativo na PImax ($-86.86 \text{ cmH}_2\text{O} \pm -20.70$ versus $-106.43 \text{ cmH}_2\text{O} \pm -32.97$; $p < 0.05$) e na ventilação voluntária máxima (VVM) ($97.84 \text{ L/min} \pm 37.06$ versus $115.17 \text{ L/min} \pm 34.17$, $p < 0.05$) no grupo TMI. No entanto, não se observou nenhuma mudança nas variáveis espirométricas, exceto pelo volume inspiratório forçado no primeiro segundo (VIF1) ao fim do protocolo, quando comparados o GTMI e o GC ($3,35 \text{ L} \pm 0,96$ versus $2,22 \text{ L} \pm 1,07$; $p < 0,05$). Não observadas diferenças da mobilidade diafragmática após a realização do protocolo de TMI em ambos os grupos. **Conclusões:** No presente estudo foi mostrado que é possível realizar a avaliação indireta do diafragma através da ultrassonografia modo-B em obesos mórbidos, sendo uma ferramenta útil para detectar possíveis disfunções relacionadas a esse músculo. O TMI aumentou as pressões respiratórias máximas, a ventilação voluntária máxima e promoveu alterações na VIF1. Esses achados sugerem que a eficiência muscular respiratória, alcançada com essa intervenção, foi insuficiente para mobilizar o diafragma e modificar a mecânica ventilatória, provavelmente pela presença do tecido adiposo que adicionou resistência ao sistema respiratório.

Palavras-chave: treinamento muscular inspiratório, obesidade, músculos respiratórios, diafragma.

ABSTRACT

Objective: To investigate if a 12-week muscular inspiratory training protocol has an impact over pulmonary function and maximal respiratory pressures on morbid obese subjects. **Study Design:** A total of 31 morbid obese individuals were assessed for pulmonary function, diaphragmatic mobility (DM) and maximal respiratory pressures. After the evaluation period the volunteers were randomized in two groups: IMT group (n=16), followed a inspiratory muscular training protocol for 12 weeks, 5 times a week, for 30 minutes with a training load of 30% of maximal inspiratory pressure (P_Imax). In other hand the Control group (n=15) followed the same protocol but without inspiratory load. **Results:** After the IMT for 12-week, a significant increase at P_Imax was observed (-86.86 cmH₂O ± -20.70 versus -106.43 cmH₂O ± -32.97, p<0.05) and MVV (97.84 L/min ± 37.06 versus 115.17 L/min ± 34.17, p<0.05) in the IMT group. Also no significant changes were found over spirometric variables except for the forced inspiratory volume in one second (FIV1) when TMI and Control group are compared after the 12-week protocol (3,35 L ± 0,96 versus 2,22 L ± 1,07, p<0.05). No significant differences were found over the diaphragmatic mobility after the TMI protocol at both groups. **Conclusion:** It was shown that B-mode ultrasound can be a practical method to indirectly evaluate the right hemidiaphragm excursion in morbidly obese to detect early diaphragmatic dysfunction. At the present study, inspiratory muscular training improved muscular inspiratory pressure, maximal voluntary ventilation and promoted changed in FIV1. These finds suggests that muscular respiratory efficiency from this intervention was insufficient to mobilize the diaphragm and modify the ventilator mechanics, most due the presence of adiposity tissue which adds a tremendous resistance over the respiratory system.

Key-words: inspiratory muscle training, obesity, respiratory muscles, diaphragm.

SUMÁRIO

Capítulo 1.

Introdução	08
-------------------	----

1.1 – Objetivos	13
-----------------	----

Capítulo 2.

Material e métodos	14
---------------------------	----

2.1 – Casuística	14
------------------	----

2.2 – Avaliação da Força Muscular Respiratória	14
--	----

2.3 – Avaliação dos Volumes e das Capacidades Pulmonares	14
--	----

2.4 – Avaliação da Mobilidade do Diafragma pela Ultrassonografia	15
--	----

2.5 – Treinamento Muscular Inspiratório	16
---	----

2.6 – Análise Estatística	16
---------------------------	----

Capítulo 3.

Referências	17
--------------------	----

Capítulo 4.

Artigo	23
---------------	----

Capítulo 5.

Considerações finais	46
-----------------------------	----

ANEXO – Aprovação do Comitê de Ética	47
---	----

CAPÍTULO 1.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a obesidade ganhou contornos pandêmicos (Racette et al., 2003). Caracterizada, mormente, pelo excesso de tecido adiposo, ela acaba por contribuir no desenvolvimento de diversas doenças e no aumento da mortalidade (Malnick e Knobler, 2006; Bult et al., 2008). Condições clínicas, como *diabetes mellitus* tipo II, acidente vascular encefálico, dislipidemia, hipertensão arterial, doenças cardiovasculares e respiratórias, depressão e alguns tipos de câncer, estão intimamente associadas com a obesidade (Després et al., 2001; Osch-Balcom et al., 2006).

Em termos de classificação, os obesos são ordenados, quanto à gravidade da obesidade, de acordo com o índice de massa corpórea (IMC) (Després et al., 2001). A Organização Mundial de Saúde (OMS) define obesidade grau I quando o IMC situa-se entre 30 e 34,9 kg/m², obesidade grau II quando o IMC está entre 35 e 39,9 kg/m² e obesidade grau III ou obesidade mórbida quando o IMC ultrapassa 40 kg/m² (Racette et al., 2003). Apesar de classificar os indivíduos quanto ao grau de obesidade, este tipo de índice não leva em conta o tipo de distribuição e localização da gordura. (Pankow et al., 1998).

Recentemente nota-se um aumento no número de obesos mórbidos (Campos et al., 2006). Dados divulgados em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que já é alarmante o número de pessoas com IMC ≥ 30 kg/m² no Brasil, atingindo 14,8% da população brasileira adulta, sendo 12,5% dos homens e 16,9% das mulheres.

Obesidade, Volumes e Capacidades Pulmonares

Quanto às repercussões da obesidade sobre os sistemas fisiológicos, podemos observar alterações de vários sistemas corporais, dentre eles, o

sistema respiratório (Koenig, 2001). Os distúrbios respiratórios associados à obesidade ocasionam um aumento no consumo de oxigênio e no trabalho respiratório, comprometendo a tolerância a exercícios físicos e afetando a qualidade de vida de indivíduos obesos (Biring et al., 1999). Mesmo na ausência de doenças respiratórias restritivas e obstrutivas, podem ocorrer anormalidades significativas na função respiratória, ocasionadas, exclusivamente, pela obesidade (Poulain et al., 2006).

Dentre os distúrbios respiratórios relacionados à obesidade, podemos citar: déficit na mecânica respiratória – com diminuição dos volumes e das capacidades pulmonares –, diminuição da complacência do sistema respiratório, alterações na força e na resistência (*endurance*) da musculatura respiratória, aumento da resistência nas pequenas vias aéreas, alterações no *drive* e contrações nos padrões respiratórios (Auler et al., 2002; Laghi e Tobin, 2003; Canoy et al., 2004; El-gamal et al., 2005).

No que diz respeito aos volumes e capacidades pulmonares, a diminuição dos volumes pulmonares, característica da obesidade, se dá principalmente por um componente exclusivamente mecânico, então o tipo de distribuição de gordura corporal influenciará na relação entre IMC e volumes pulmonares. Existem diversos métodos para avaliar a gordura corporal, como a circunferência do quadril, a relação cintura-quadril, altura abdominal e dobras subescapulares ou bicipitais. O aumento da gordura corporal. Detectado por estes métodos, está relacionado com redução nos volumes pulmonares, mas os estudos não conseguem diferenciar os efeitos da gordura torácica e abdominal sobre a função pulmonar, sugerindo interdependência entre ambas (Weiner et al., 1998).

Ainda sobre os volumes e capacidades pulmonares, os achados mais frequentes na literatura do impacto da obesidade nessas variáveis, são a redução da capacidade residual funcional (CRF) e do volume de reserva expiratório (VRE) (Salome et al., 2010). Essa redução se torna exponencial à medida que o IMC cresce. Outra variável também estudada é a capacidade pulmonar total (CPT) e diversos estudos têm encontrado sua diminuição com o aumento do IMC (King et al., 2005; Chen et al., 2007; Srinivas et al., 2011). As

demais variáveis espirométricas, como o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), o pico de fluxo expiratório (PFE), capacidade vital (CV) podem estar diminuídos (Costa et al., 2008).

A diminuição da CPT e das demais variáveis citadas acima, pode estar associada a uma diminuição da mobilidade diafragmática, devido ao acúmulo de gordura, limitando a expansão pulmonar, como também, a diminuição da complacência total do sistema respiratório (Lazarus et al., 1997; Boussuges et al., 2009).

Obesidade, Função Muscular Respiratória e Ventilação Pulmonar

Existem controvérsias no que diz respeito à diminuição da força e endurance dos músculos respiratórios em indivíduos obesos. Alguns autores relatam que as pressões inspiratórias e expiratórias máximas (PImax, PEmax) encontram-se dentro da normalidade em indivíduos obesos (Kelly et al., 1988; Magnani e Cataneo, 2007).

Uma das principais teorias que explicam a possível redução na força e endurance da musculatura respiratória é baseada na desvantagem mecânica do músculo diafragma (Biring et al., 1999). Um diafragma excessivamente alongado, principalmente numa posição de supino, coloca os demais músculos respiratórios em uma desvantagem estrutural levando há uma diminuição da sua eficiência (Laghi e Tobin, 2003).

Outra possível explicação é o desequilíbrio que a obesidade promove na concentração de fibras musculares do diafragma, diminuindo a quantidade de fibras tipo II e aumentando as fibras do tipo I (*"fast-to-slow shift"*) (Tanner et al., 2002). Esta mudança no fenótipo das fibras musculares pode ser resultado do aumento crônico do trabalho respiratório presente nos indivíduos obesos (Koenig, 2001), havendo uma maior solicitação das fibras tipo I. Apesar desta mudança, a ventilação voluntária máxima encontra-se consideravelmente reduzida nestes pacientes, levando a uma intolerância ao exercício físico. Essa redução está associada ao aumento da carga total e a transformação incompleta das fibras musculares (Laghi e Tobin, 2003).

No que diz respeito à ventilação pulmonar, alguns estudos associam o fato de que o aumento da resistência e complacência do sistema respiratório, bem como a carga inspiratória decorrente da obesidade, aumenta drasticamente tanto o consumo de oxigênio, quanto o trabalho respiratório em indivíduos obesos (Watson e Pride, 2005). Outros estudos mostram que indivíduos obesos mórbidos compensam o aumento do trabalho respiratório, duplicando o drive respiratório e a vazão diafragmática além da utilização da caixa torácica na ventilação basal. Desta forma, sua respiração torna-se “rápida e superficial”, com aumentos na frequência respiratória de até 50% do normal (Pelosi et al., 1998; Olson e Zwillich, 2005).

Obesidade e Treinamento Muscular Inspiratório

Nos indivíduos obesos, o freqüente insucesso do tratamento clínico, geralmente dietético e medicamentoso, proporciona impacto na esfera psicossocial e favorece o aparecimento de novas doenças, estimulando assim o tratamento cirúrgico (Maggard et al., 2005). São duas as principais técnicas empregadas na cirurgia bariátrica: os procedimentos malabsortivos e restritivos (Capella e Capella, 2002).

Quanto às complicações pós-operatórias, acredita-se que o grande problema da cirurgia bariátrica está nas complicações pulmonares, principalmente a atelectasia, condição essa que pode ser explicada devido ao fato da ineficiência da musculatura respiratória, após injúria dos agentes anestésicos, em gerar força e mobilizar volumes necessários para que ocorra uma ventilação adequada no indivíduo obeso (Christensen et al., 1991; Pasquina et al., 2006).

Esta síndrome restritiva, associada ao procedimento cirúrgico desses indivíduos, torna a fisioterapia respiratória essencial na recuperação da função pulmonar e na prevenção de complicações respiratórias. Diversos autores têm utilizado o treinamento muscular inspiratório, de forma pré-operatória, como ferramenta importante na prevenção das complicações pós-operatórias e que foi utilizada previamente em outros tipos de cirurgias torácicas, cardíacas e

abdominais (Nomori et al., 1994; Hulzebos et al., 2006; Dronkers et al., 2008; Kulkarni et al., 2010; Barbalho-Moulin et al., 2011).

No entanto, parece não haver um consenso sobre tipo de protocolo utilizado para treinamento muscular respiratório. Dall'go et al. (2006), utilizaram um protocolo de treinamento muscular inspiratório por doze semanas, cinco vezes por semana, trinta minutos por dia. Esses autores estabeleceram uma carga de treinamento de 30% da P_Imax e a mesma era ajustada semanalmente para que se mantivesse os 30% da P_Imax.

Já Barbalho-Moulin et al. (2011), utilizaram o mesmo protocolo, embora com uma duração reduzida de duas à quatro semanas e cada sessão durando apenas quinze minutos. Villiot-Danger et al. (2011), por outro lado, utilizaram um protocolo de treinamento de endurance respiratório, de trinta minutos por dia, por quatro dias, durante vinte e seis dias, onde a carga de treino foi estabelecida em torno de 50-60% da ventilação voluntária máxima (VVM).

Sobre os fatores que influenciam o treinamento, apesar de uma carga de 30% da P_Imax ser considerada de baixa intensidade, Dall'go et al. (2006) e Barbalho-Moulin et al. (2011), relataram aumentos da força muscular inspiratória. Já Villiot-Danger et al. (2011), apenas relatou melhora na VVM em seus indivíduos. Além disso, mudanças da morfologia muscular apenas são alcançadas com o treinamento prolongado, levando até seis meses (Mickleborough et al., 2008). Outros fatores a serem considerados são a intensidade do treino, a frequência, e principalmente o objetivo do treinamento (Enright et al., 2006).

OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Determinar o efeito do treinamento muscular inspiratório sobre a mobilidade do músculo diafragma, pressões respiratórias máximas e variáveis da função pulmonar em indivíduos obesos mórbidos.

Objetivos específicos

- Analisar as variáveis estudadas: mobilidade diafragmática: respiração tranquila (RT), respiração voluntária (RV), respiração profunda (RP); Variáveis espirométricas: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1), relação volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital forçada (VEF_1/CVF), pico de fluxo expiratório (PFE), capacidade inspiratória vital forçada (CVIF), volume inspiratório forçado no primeiro segundo (VIF_1) e relação volume inspiratório forçado no primeiro segundo e capacidade inspiratória forçada ($VIF_1/CVIF$); Força e resistência muscular respiratório: (pressão inspiratória máxima ($P_{I\max}$), pressão expiratória máxima ($P_{E\max}$), ventilação voluntária máxima (VVM).
- Comparar as medidas da mobilidade do músculo diafragma, os valores da função pulmonar e os valores das pressões respiratórias máximas, em indivíduos obesos mórbidos, antes e após o protocolo de treinamento muscular inspiratório.

CAPÍTULO 2.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Casuística

O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco sob o número do CAEE - 0280.0.172.000-10. Foram avaliados trinta e um voluntários obesos mórbidos (índice de massa corpórea (IMC) maior ou igual a 40 Kg/m²), de ambos os gêneros (5 homens e 26 mulheres), sem história clínica de doença cardiovascular ou respiratória e com faixa etária de 22 a 55 anos. Após randomização, os indivíduos foram alocados no Grupo Controle (GC: n=15) e Grupo Treinamento Muscular Inspiratório (GTMI: n=16).

2.2 Avaliação da Força Muscular Respiratória

A avaliação da força muscular inspiratória e expiratória foi obtida de forma indireta através da mensuração da pressão inspiratória e expiratória máxima (PI_{max} e PE_{max}, respectivamente) pelo manovacuômetro digital MVD-300 (*GlobalMed, Rio Grande do Sul, Brasil*). Para a obtenção da PI_{max} foi solicitado que o paciente realizasse uma expiração até volume residual seguido de uma inspiração máxima com a via aérea ocluída por clipe nasal e para a PE_{max} foi solicitado que o paciente inspirasse até a capacidade pulmonar total seguida de uma expiração forçada. Três manobras foram realizadas com o paciente sentado, sendo considerado para avaliação a de maior valor. Os valores preditos esperados para a população brasileira, de acordo com o gênero e a idade, foram obtidos a partir da tabela de Neder et al (1999).

2.3 Avaliação dos Volumes e das Capacidades Pulmonares

A espirometria foi realizada pelo espirômetro portátil multifuncional (*Spirobank - MIR; Rome, Italy*) e seguiu as normas preconizadas pela American Thoracic Society (2002). Os sujeitos foram instruídos a realizar uma inspiração profunda até capacidade pulmonar total (CPT), seguida de uma expiração

forçada e prolongada ao nível do volume residual (VR) para obtenção dos fluxos e volumes expiratórios forçados. Ao final da manobra de expiração forçada, foi instruído para que se fosse feito uma inspiração profunda até a CPT a fim de avaliar os fluxos e volumes inspiratórios forçados, através de um bucal conectado ao espirômetro e com uso de clipe nasal. Foram realizadas três manobras, com intervalo de 2 minutos entre as mesmas, adotando-se os maiores valores da capacidade vital forçada (CVF) e do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1). Os valores da CVF e do VEF_1 obtidos durante as manobras deveriam apresentar variabilidade < 5%.

A partir da ventilometria foi avaliado a capacidade inspiratória (CI), a capacidade vital lenta (CVL), o volume de reserva expiratório (VRE) e a relação VEF_1 /CVF. Para a avaliação da ventilação voluntária máxima (VVM) foi solicitado ao paciente, após instrução, que o mesmo deveria respirar o mais rápido e profundo possível durante 12 a 15 segundos. O volume mobilizado neste período de tempo foi então extrapolado para o tempo de 1 minuto. Todas as padronizações e realizações das manobras respiratórias seguiram as recomendações da American Thoracic Society (2002) e os valores de predição para a população estudada seguiu as normas Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia de diretrizes para testes de função pulmonar (2002).

2.4 Avaliação da Mobilidade do Hemidiafragma Direito pela Ultrassonografia

Todos os exames foram realizado por um único e experiente radiologista. Foi utilizado um ultrassom comercial Philips HD7 (*Philips Medical Systems, Bothell, WA, USA*) com um transdutor convexo de alta resolução de 2,5MHz. Todos os indivíduos foram avaliados na posição de decúbito dorsal, e o transdutor foi posicionado entre as linhas axillar media e anterior, na área subcostal, e foi direcionado perpendicularmente sobre a parede tóraco-abdominal. O deslocamento crânio-caudal da borda anterior do fígado foi um ponto de escolha devido à uma melhor definição ecográfica e foi observado durante cinco movimentos movimentos de ciclos respiratórios. Esse deslocamento foi então mensurado posicionando os “calipers” do equipamento no maior e na menor posição deste ponto de referência durante as seguintes

fases: respiração tranquila (RT), respiração voluntária (RV) e respiração profunda (RP), claramente definidas por Boussuges et al. (2009). Vários ciclos respiratórios foram gravados e os valores foram obtidos pela média de pelo menos 3 ciclos respiratório.

2.5 Treinamento Muscular Inspiratórios

Para a realização do TMI foi utilizado o dispositivo Threshold® (*Respironics, Cedar Grove, NJ, EUA*). O protocolo de treino para ambos os grupo (GTMI e GC) foi de trinta minutos por dia, dividido em 15 minutos pela manhã e 15 minutos pela noite, cinco vezes por semana, durante 12 semanas. No decorrer do treinamento, os pacientes foram orientados a manterem uma respiração diafragmática, com uma frequência respiratória entre 15 a 20 respirações/min. Para o grupo GTMI a carga inspiratória foi regulada em 30% da pressão inspiratória máxima, e semanalmente a carga de treinamento foi ajustada para manter os 30% da P_Imax (Dall'Ago et al., 2006). O grupo controle seguiu a mesma rotina, mas sem carga inspiratória.

2.6 Análise Estatística

Os testes estatísticos foram realizados no software de estatística (*SPSS, Chigado, IL*). Os dados antropométricos, de função pulmonar, das pressões respiratórias máximas e de mobilidade diafragmática foram calculados e expressos como média e desvio padrão. A distribuição dos dados foi analisada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados da ultrassonografia foram submetidos ao ANOVA e o Tukey's test. O Teste t de Student para amostras pareadas e não pareadas foi utilizado na comparação intra e intergrupos. Diferenças foram consideradas significantes quando $p \leq 0,05$.

CAPÍTULO 3.

REFERÊNCIAS

American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med*, 166:518–624, 2002.

Auler J.O.C., Myoshi E., Fernandes C.R., et al. The effects on abdominal opening on respiratory mechanics during general anesthesia in normal and morbidly obese patients: a comparative study. *Anesth Analg*, 94:741–8, 2002.

Ayoub J., Cohendy R., Prioux J., et al. Diaphragm movement before and after cholecystectomy: a sonographic study. *Anesth Analg*, 92:755–761, 2001.

Barbalho-Moulim M.C., Miguel G.P.S., Forti E.M.P., et al. Silicone-Ring Roux-en-Y Gastric Bypass in the Treatment of Obesity: Effects of Laparoscopic Versus Laparotomic Surgery on Respiration. *Obes Surg*, 21:194-9, 2011.

Biring M.S., Lewis M.I., Liu J.T., et al. Pulmonary physiologic changes of morbid obesity. *Am J Med Sci*, 318:293-7, 1999.

Boussuges A., Gole Y., Blanc P. Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography. *Chest*, 135:391–400, 2009.

Bult M.J.F., van Dalen T., Muller A.F. Surgical treatment of obesity. *Eur J Endocrinol*, 158: 135–145, 2008.

Campos P., Saguy A., Ernsberger P., et al. The epidemiology of overweight and obesity: public health crisis or moral panic? *Int J Epidemiol*, 35:55–60, 2006

Canoy D., Luben R., Welch A., et al. Abdominal obesity and respiratory function in men and women in the EPIC-Norfolk Study, United Kingdom. *Am J Epidemiol*, 159:1140-9, 2004.

Capella J.F., Capella R.F. An assessment of vertical banded gastroplasty-Roux-en-Y gastric bypass for the treatment of morbid obesity. *Am J Surg*, 183(2): 1-10, 2002

Chen Y., Rennie D., Cormier Y.F., et al. Waist circumference is associated with pulmonary function in normal-weight, overweight, and obese subjects. *Am J Clin Nutr*, 85: 35–39, 2007.

Chlif M., Keochkerian D., Choquet D., et al. Effects of obesity on breathing pattern, ventilatory neural drive and mechanics. *Respir Physiol, Neurobiol.*; 168: 198-202, 2009.

Christensen E.F., Schultz P., Jensen O.V., et al. Postoperative pulmonary complications and lung function in high-risk patients: a comparison of three physiotherapy regimens after upper abdominal surgery in general anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*, 35(2):97-104, 1991

Costa D., Barbalho M.C., Miguel G.P.S., et al. The impact of obesity on pulmonary function in adult women. *Clinics*, 63:719-24, 2008.

Dall'Ago P., Chiappa G.R., Guths H., Stein R., Ribeiro J.P. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol*, 21;47(4):757-63,2006.

Després J.P., Lemieux I., Prud'homme D. Treatment of obesity: need to focus on high risk abdominally obese patients. *BMJ*, 322:716-20, 2001.

Dronkers J., Veldman A., Hoberg E., et al. Prevention of pulmonary complications after upper abdominal surgery by preoperative intensive inspiratory muscle training: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehab*, 22:134–42, 2008.

Ebeo C.T., Benotti P.N., Byrd R.A. The effect of bi-level positive airway pressure on postoperative pulmonary function following gastric surgery for obesity. *Respir Med*, 96:672-6, 2002.

El-gamal H., Khayat A., Shikora S., et al. Relationship of dyspnea to respiratory drive and pulmonary function test in obese patients before and after weight loss. *Chest*,128:3870–3874, 2005.

Enright S.J., Unnithan V.B., Heward C., et al. Effect of High-Intensity Inspiratory Muscle Training on Lung Volumes, Diaphragm Thickness, and Exercise Capacity in Subjects Who Are Healthy. *Phys Ther*, 86: 345-354, 2006.

Fagevik-Olsén M., Hahn I., Nordgren S., et al. Randomized controlled trial of prophylactic chest physiotherapy in major abdominal surgery. *Br J Surg*, 84(11):1535-8, 1997.

Hulzebos E.H.J., Helders P.J.M., Favie N.J., et al. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery. *JAMA*, 296:1851-7, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). POF 2008 2009 - Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 54-57, 2010.

James W.P.T. The epidemiology of obesity: the size of the problem. *J Intern Med*, 263:336–352, 2008.

Joris J.L., Sottiaux T.M., Chiche J.D., et al. Effect of bi-level positive airway pressure (BiPAP) nasal ventilation on the postoperative pulmonary restrictive syndrome in obese patients undergoing gastropasty. *Chest*, 111:665–670, 1997.

Kelly T.M., Jensen R.L., Elliot C.G., et al. Maximum respiratory pressure in morbidly obese subjects. *Respiration*, 54:73-7, 1988.

King G.G., Brown N.J., Diba C., et al. The effects of body weight on airway calibre. *Eur Respir J*, 25: 896–901, 2005.

Koenig S.M. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*, 321(4):249-79, 2001.

Kulkarni S.R., Fletcher E., McConnell A.K., et al. Preoperative inspiratory muscle training preserves postoperative inspiratory muscle strength following major abdominal surgery – a randomized pilot study. *Ann R Coll Surg Engl*, 92:700–5, 2010.

Laghi F., Tobin M.J. Disorders of the respiratory muscles. *Am J Respir Crit Care Med*, 168:10-48, 2003.

Laoutaris I.D., Dritsas A., Adamopoulos S., et al. Effects of Inspiratory Muscle Training in Patients With Chronic Heart Failure. *J Am Coll Cardiol*, 52;1888-1889, 2008.

Lawrence V.A., Cornell J.E., Smetana G.W. Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians. *Ann Int Med*, 144:596-608, 2006.

Lazarus R., Sparrow D., Weiss S.T. Effects of obesity and fat distribution on ventilatory function. *Chest*, 111: 891–898, 1997.

Maggard M.A., Shugarman L.R., Suttorp M., et al. Meta-analysis: surgical treatment of obesity. *Ann Intern Med*, 142:547-559, 2005.

Magnani K.L, Cataneo A.J. Respiratory muscle strength in obese individuals and influence of upper-body fat distribution. *Sao Paulo Med J*, 125: 215, 2007.

Malnick S.D.H., Knobler H. The medical complications of obesity. *Quar J Med*, 99:565–579, 2006.

Manzano R.M., Carvalho C.R.F., Saraiva-Ramanzolo B.M., et al. Chest physiotherapy during immediate postoperative period among patients undergoing upper abdominal surgery - randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J*, 126(5):269-73, 2008.

Mickleborough T.D., Stager J.M., Chatham K., et al. Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *Eur J Appl Physiol*, 103:635–646, 2008.

Neder J.A., Andreoni S., Lerario M.C., et al. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*, 32(6):719-27, 1999.

Nomori H., Kobayashi R., Fuyuno G., et al. Preoperative respiratory muscle training. Assessment in thoracic surgery patients with reference to postoperative pulmonary complications. *Chest*, 105:1782-8, 1994.

Osch-Balcom H.M., Brydon J.B.G, Muti P., et al. Pulmonary function and abdominal adiposity in the general population. *Chest*, 129: 853-862, 2006.

Overend T.J., Anderson C.M., Lucy S.D., et al. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: a systematic review. *Chest*, 120(3):971-8, 2001.

Paisani D.M., Chiavegato L.D., Faresin S.M. Volumes, capacidades pulmonares e força muscular respiratória no pós-operatório de gastroplastia. *J Pneumol*, 31(2):125-32, 2005.

Pankow W., Podszus T., Gutheil T., et al. Expiratory flow limitation and intrinsic positive end-expiratory pressure in obesity. *J Appl Physiol*, 85:1236–1243, 1998.

Pasquina P., Tramèr M.R., Granier J., et al. Respiratory physiotherapy to prevent pulmonary complications after abdominal surgery: a systematic review. *Chest*, 130:1887-1899, 2006.

Pelosi P., Croci M., Ravagnan I., et al. The effects of body mass on lung volumes, respiratory mechanics, and gas exchange during general anesthesia. *Anesth Analg*, 87: 654–660, 1998.

Poulain M., Doucet M., Major G.C., et al. The effect of obesity on chronic respiratory diseases: pathophysiology and therapeutic strategies. *CMAJ*, 174(9):1293-9, 2006.

Racette S.B., Deusinger S.S., Deusinger R.H. Obesity: overview of prevalence, etiology, and treatment. *Phys Ther*, 83: 276–288, 2003.

Salome C.M., King G.G., Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J. Appl Physiol*, 108: 206–11, 2010.

Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para testes de função pulmonar 2002. *J Pneumol*, 28:238, 2002.

Srinivas C.H., Shekhar R., Madhavi L.M. The Impact of Body Mass Index on the Expiratory Reserve Volume. *JCDR*, 5(3): 523-525, 2011.

Tanner C.J., Barakat H.A., Dohm G.L., et al. Muscle fiber type is associated with obesity and weight loss. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 282(6):1191-6, 2002.

Ueki J., De Bruin P.F., Pride N.B. In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. *Thorax*, 50:1157–1161, 1995.

Villiot-Danger JC, Villiot-Danger E, Borel JC, Pépin JL, Wuyam B, Vergès S. Respiratory muscle endurance training in obese patients. *Int J Obes* 2011; 35: 692-699, 2011.

Wait J., Staworn D., Poole D.C. Diaphragm thickness heterogeneity at functional residual capacity and total lung capacity. *J. Appl. Physiol*, 78: 1030–1036, 1995.

Wait J.L., Johnson R.L. Patterns of shortening and thickening of human diaphragm. *J Appl Physiol*, 83:1123-1132, 1997.

Weiner P., Waizman J., Weiner M., et al. Influence of excessive weight loss after gastroplasty for morbid obesity on respiratory muscle performance. *Thorax*, 53:39–42, 1998.

CAPÍTULO 4.

ARTIGO SUBMETIDO - PERIÓDICO *INTERNATIONAL JOURNAL OF OBESITY* (Qualis A1 para a Área 21 - Educação Física)

08/02/12

International Journal of Obesity



manuscript tracking system



[tracking system home](#) | [author instructions](#) | [reviewer instructions](#) | [help](#) | [tips](#) | [logout](#) | [journal home](#)

Manuscript #	2012IJO00204
Current Revision #	0
Submission Date	8th Feb 12
Current Stage	Reviewer Assignment
Title	THE INFLUENCE OF INSPIRATORY MUSCLE TRAINING ON DIAPHRAGMATIC MOBILITY, PULMONARY FUNCTION AND MAXIMUM RESPIRATORY PRESSURES ON MORBIDLY OBESE INDIVIDUALS
Running Title	12-week Inspiratory Muscular Training in Obesity
Manuscript Type	Original Article
Category	Human Physiology and Medicine
Word Count	2108
Corresponding Author	Dr. Maria do Socorro Brasileiro-Santos (sbrasileiro@pq.cnpq.br) (Universidade Federal da Paraíba)
Contributing Authors	Mr. Luis Tenório , Dr. Amilton Santos , Dr. José Câmara Neto , Dr. Fernando Amaral , Mrs. Vivian Passos , Ms. Anna Jaguaribe de Lima
Trial Registration	http://clinicaltrials.org - NCT01449643
Abstract	Objective: To investigate if a 12-week inspiratory muscle training protocol has any impact over pulmonary function, maximum respiratory pressures and diaphragmatic mobility on morbidly obese subjects. Design: A total of 31 morbidly obese individuals were assessed for pulmonary function, diaphragmatic mobility and maximum respiratory pressures. After the evaluation period, the volunteers were randomized in two groups: IMT group (n=16), followed a inspiratory muscle training protocol for 12 weeks, 5 times a week, for 30 minutes with a training load of 30% of PImax. The control group (n=15) followed the same protocol but without inspiratory load. Results: After the IMT for 12 weeks, a significant increase at PImax was observed (-86,86 ± -20,70 versus -106,43 ± -32,97, P < 0,05) and MVV (97,84 ± 37,06 versus 115,17 ± 34,17, P < 0,05) in the IMT group. Also no significant changes were found over spirometrical variables except for the FIV1 when IMT and Control group are compared after the 12-week protocol (3,35 ± 0,96 versus 2,22 ± 1,07, P < 0,05). No significant differences were found over the diaphragmatic mobility after the IMT protocol in both groups. Conclusion: At the present study, inspiratory muscle training improved maximum inspiratory pressure, maximum voluntary ventilation and promoted changed in FIV1. These results suggest that muscular respiratory efficiency was insufficient to mobilize the diaphragm and modify the ventilation mechanics, mostly due the presence of fat tissue which adds a tremendous resistance over the respiratory system. Pre-operatively IMT may be a valuable approach on obese patients to prevent post-operative pulmonary complications. However, further studies needed to assess the effects of longer protocols along all phases of bariatric surgery. http://clinicaltrials.org - NCT01449643 - The Influence of Inspiratory Muscular Training (IMT) on Diaphragmatic Mobility in Morbidly Obese.
Associate Editor	Assigned
Keywords	inspiratory muscle training, obesity, pulmonary function, diaphragmatic mobility, physiotherapy
Conflict of Interest Statement	There is NO conflict of interest to disclose

Title: THE INFLUENCE OF INSPIRATORY MUSCLE TRAINING ON DIAPHRAGMATIC MOBILITY, PULMONARY FUNCTION AND MAXIMUM RESPIRATORY PRESSURES ON MORBIDLY OBESE INDIVIDUALS

Luís Henrique Sarmiento Tenório – MSc – Federal University of Pernambuco, Recife/PE-Brazil; **Amilton Cruz Santos** - Ph.D - Physical Education Department – Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB, Brazil; **José Bezerra Câmara Neto** MD - Chief of Surgery – Agamenon Magalhães Hospital, Recife-PE, Brazil; **Fernando José Amaral** – MD - Chief of Radiology – Barão de Lucena Hospital, Recife-PE, Brazil; **Vívian Maria Moraes Passos** – MSc – Federal University of Pernambuco, Recife/PE-Brazil; **Anna Myrna Jaguaribe Lima** - Ph.D - Animal Morphology and Physiology Department – Rural University of Pernambuco, Recife-PE, Brazil; **Maria do Socorro Brasileiro Santos** - Ph.D - Physical Education Department – Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB, Brazil.

Runing title: 12-week Inspiratory Muscular Training in Obesity.

Address For Correspondence: Maria do Socorro Brasileiro-Santos.

Universidade Federal da Paraíba. Cidade Universitária - João Pessoa - PB - Brasil – CEP - 58051-900. Telefone/FAX: (83) - 32167212 - e-mail: sbrasileiro@pq.cnpq.br.

Abstract

Objective: To investigate if a 12-week inspiratory muscle training protocol has any impact over pulmonary function, maximum respiratory pressures and diaphragmatic mobility on morbidly obese subjects. **Design:** A total of 31 morbidly obese individuals were assessed for pulmonary function, diaphragmatic mobility and maximum respiratory pressures. After the evaluation, the volunteers were randomized in two groups: IMT group (n=16), followed a inspiratory muscle training protocol for 12 weeks, 5 times a week, for 30 minutes (15 in the morning and 15 in the night) with a training load of 30% of P_Imax. The control group (n=15) followed the same protocol but without inspiratory load. **Results:** After the IMT for 12 weeks, a significant increase at maximal inspiratory pressure (P_Imax) was observed ($-86,86 \pm -20,70$ versus $-106,43 \pm -32,97$, $P < 0,05$) and maximal voluntary ventilation (MVV) ($97,84 \pm 37,06$ versus $115,17 \pm 34,17$, $P < 0,05$) in the IMT group. No significant changes were found over spirometrical variables except for the forced inspiratory volume in one second (FIV1) when IMT and Control group are compared after the 12-week protocol ($3,35 \pm 0,96$ versus $2,22 \pm 1,07$, $P < 0,05$). No significant differences were found over the diaphragmatic mobility after the IMT protocol in both groups. **Conclusion:** At the present study, inspiratory muscle training improved maximum inspiratory pressure, maximum voluntary ventilation and promoted changed in FIV1. These results suggest that muscular respiratory efficiency was insufficient to mobilize the diaphragm and modify the ventilation mechanics, mostly due the presence of fat tissue which adds a tremendous resistance over the respiratory system. Pre-operatively IMT may be a valuable approach on obese patients to prevent post-operative pulmonary

complications. However, further studies needed to assess the effects of longer protocols along all phases of bariatric surgery.

<http://clinicaltrials.org> - NCT01449643 - The Influence of Inspiratory Muscular Training (IMT) on Diaphragmatic Mobility in Morbidly Obese.

Key-words: inspiratory muscle training, obesity, pulmonary function, diaphragmatic mobility

Introduction

Obesity is characterized by excessive accumulation of adipose tissue, which reverberates on the quality of life of an individual.¹ When body mass is increased, the respiratory system is affected, causing lower tidal volume, higher respiratory rate, lower lung compliance,, higher elastic and muscle work, lower strength and endurance of the respiratory muscles, higher oxygen consumption and high levels of fatigue.²⁻⁵.

The muscles of respiration in morbidly obese individuals are found inefficient and have low performance. This probably happens because of the changes in muscle fibers due to the higher respiratory rate that is seen in these individuals.⁴⁻⁶

Aiming to rehabilitate these muscles, preview studies have used selective muscle training using the spiroscope, and have achieved better pulmonary function, aerobic capacity, strength and endurance of the respiratory muscles, peripheral muscle vasodilation, cardiovascular control and quality of life.⁷⁻⁹

In morbidly obese individuals submitted to bariatric surgery, studies have reported the benefits of inspiratory muscle training (IMT), which aims to improve pulmonary expansion and to prevent post surgery complications. However, these studies investigated the effects of short duration IMT (1-4 weeks) on pulmonary function and maximum respiratory pressure and little is known about long-term duration IMT on these pulmonary parameters and on diaphragmatic mobility.¹⁰⁻¹²

Therefore, the objective of the present study was to evaluate the repercussions of a 12 week program of inspiratory muscle training on pulmonary function, maximum respiratory pressure and diaphragmatic mobility on morbidly obese individuals.

Materials and Methods

Study Design

This study was approved by the local Research Ethics Committee and every volunteer signed an informed consent form to participate in the study. A total of 31 (5 males and 26 females) volunteers were assessed, none of the subjects had any cardiorespiratory or neurological medical condition. After initial assessment, subjects were randomized in two groups: Control Group (n=15) and Inspiratory Muscular Training Group (n=16).

Pulmonary Function Tests

The pulmonary function was assessed using a spirometer (*Spirobank – MIR; Rome, Italy*) and followed standard procedures.¹³ Forced vital capacity (FVC); forced expiratory volume in one second (FEV1); ratio of forced expiratory volume in one second to forced vital capacity FEV1/CVF); peak expiratory flow (PEF); forced inspiratory vital capacity (FIVC); forced inspiratory volume in one second (FIV1); forced inspiratory volume in one second to forced inspiratory vital capacity ratio (FIV1/FIVC); peak inspiratory flow (PIF); slow vital capacity (SVC); expiratory reserve volume (ERV) and inspiratory capacity (IC) was obtained before and after the IMT protocol. In addition Using maximal voluntary ventilation (MVV) was checked. The patient was instructed to breath

as quickly and deeply as possible in a 12-15 seconds time. After the test, the volume in that period of time was calculated for 1 minute time.¹³

Respiratory Muscle Strength

The evaluation of the inspiratory and expiratory muscle strength was done through measurement of the P_Imax and P_Emax, respectively. A digital manuvacuometer (MVD-300; GlobalMed; Rio Grande do Sul; Brazil) was used. To asses P_Imax, the patient was instructed to expire until residual volume, followed by maximum inspiration, using a nose clip, and to check P_Emax, the patient was required to breathe until TLC followed by forced exhalation. The maneuvers were made according to standard procedures¹³.

Ultrasonographic Study of the Right Hemidiaphragm

We adopted the anteroinferior liver edge as an indirect reference point to study the diaphragmatic movements. A single experienced radiologist has done all the examinations using the commercial ultrasound device Philips HD7 (*Philips Medical Systems, Bothell, WA, USA*) with a 2,5MHz high-resolution convex transducer. The subjects were evaluated in dorsal decubitus position, and the transducer was placed between midaxillary line and the anterior axillary line, at subcostal area, and directed perpendicularly to the thoracoabdominal wall. The craniocaudal dislocation of the anteroinferior liver edge in a chosen point with the best echographic definition and contrast was observed during many respiratory movements. This dislocation was then measured by positioning the equipment caliper cursors in the highest and lowest position of this reference point during quiet breathing (QB), voluntary breathing (VB) and deep breathing (DB) as clearly defined by Boussuges et al.¹⁴ *The cursors were*

placed as shown in figure 1. Several respiratory cycles were recorded and the data was obtained by the average of at least three different cycles.

Inspiratory Muscular Training

For the IMT training protocol a Threshold® device (*Respironics, Cedar Grove, NJ, EUA*) was used. The training protocol for both groups was 30 minutes per day, divided in two sessions of 15 minutes, five times per week, during 12 weeks. During the training sessions the subjects were encouraged to sustain a diaphragmatic respiration with a respiratory rate between 15-20 breaths per minutes. For the IMT group a load of 30% of the P_Imax was established, and this load were adjusted weekly to maintain the 30% of the P_Imax as described at Dall'Ago et al.¹⁵ In addition for the CG no inspiratory load were established.

Statistical Analysis

Statistical tests were performed in statistical software (*SPSS, Chigado, IL*). Anthropometric data, pulmonary function, maximal respiratory pressures and diaphragm mobility were calculated and expressed as mean and standard deviation. Data distribution was analyzed by the Kolmogorov-Smirnov. The Student t test for paired and unpaired samples was used to compare intragroup and intergroup. Differences were considered significant when $p < 0,05$.

Results

Out of the thirty-one volunteers assessed and included in the study, seventeen were excluded from the research: 7% of them had surgery during training process; 5% were absent after the 12 week program, 3% could not

execute the tests correctly and 2% chose not to participate anymore. Picture 2 shows the screening flowchart of the morbidly obese individuals evaluated in this study.

Table 1 demonstrates the characterization of the sample as to age (years), anthropometric measurements: body mass index – BMI (kg/m^2); spirometrical variables: FVC (L), FEV1 (L), FEV1/FVC (%), PEF (L/s), FIVC (L), FIV1 (L), FIV1/FIVC (%), PIF (L/s, IC (L), SVC (L), ERV (L); strength and endurance of the respiratory muscles: P_{Imax} e P_Emax (cmH₂O), MVV (L/min); and diaphragmatic mobility: quiet breathing (cm), voluntary breathing (cm) and deep breathing (cm).

Respiratory Muscle Strength and Endurance

Both groups had similar results before IMT. After IMT, significant increase of P_{Imax} and MVV was observed in the IMT group, however, P_Emax did not show any difference after the program. In the control group there was no significant difference in the variables MVV, P_{Imax} and P_Emax after IMT (table 2)

Spirometric Parameters

Table 2 demonstrates the baseline of the spirometrical variables (FVC, FEV1, FEV1/FVC, PEF, FIVC, FIV1, FIV1/FIVC%, PIF). It also shows similarity between IMTG and CG ($p > 0,05$ for all comparisons). Variables IC, SVC and ERV had significant differences when IMTG is compared with CG. After inspiratory muscle training, significant increase of FIV1 on IMTG is verified. Significant decrease of CG was observed when compared to variables FIV1/SVC% and ERV at the end of the 12 weeks of intervention. (Table 2).

Diaphragmatic Mobility

No significant difference was observed in the baseline results of QB, VB and DB on IMTG and CG, which reflects the similarity between the groups. In addition to that, no significant differences of this variable were seen after the 12 week IMT program in both groups. (Table 2).

Discussion

The present study, using IMT protocol in morbidly obese individuals during 12 weeks, promoted positive changes on strength and endurance of the respiratory muscles. However, it could not demonstrate significant impact in the pulmonary function nor in the diaphragmatic mobility in these individuals.

Previous studies using IMT protocols were conducted in four weeks period or less.^{11,12,16} To our knowledge, the present study is the first one to use a long term IMT protocol and we chose that to analyze the repercussions upon the respiratory system in morbidly obese individuals. The 12 week IMT protocol was conducted as described by Dall'Ago et al.¹⁵

Barbalho-Moulim et al.¹², using inspiratory muscle training protocol from two to four weeks and training load settled in 30% of maximum inspiratory pressure, found significant changes on the maximum inspiratory pressure in obese individuals. In the present study, after twelve weeks of intervention, we also observed positive repercussion of IMT over inspiratory muscle strength on morbidly obese individuals. This probably is explained due to the benefits of the selective training, which allowed higher capacity of generating strength.^{17,18}

Even with the development of the inspiratory muscle strength, no significant changes on the diaphragmatic mobility were observed. This is probably explained due to stance influence, that is, while evaluating diaphragmatic mobility by ultrasonography, the individuals were in supine position, which may have interfered the results. When in supine position, morbidly obese individuals have maximum inspiratory pressure reduced in 50%, due to excessive stretch of the diaphragm, decreasing their capacity of generating strength.¹⁹ Furthermore, obese individuals have mechanical disadvantage of the diaphragm due to the accumulation of body fat in the abdomen, which results in lower efficiency and mobility.²⁰ To our knowledge, the present study was the only one to check diaphragmatic mobility through ultrasonography.

Our results were similar to the ones found by Barbalho-Moulim et al.¹², who evaluated the diaphragm through thoracic radiography. No significant changes of diaphragmatic mobility were found, even though we used different methods to evaluate the movements of this respiratory muscle.

The changes in muscle fibers, from fast to slow in obesity, causing chronic increase of respiratory rate, can also be a plausible influence.²¹

Previous studies conducted by Villiot-Danger et al.¹⁶, authors used a muscle endurance program of three to four weeks, with training load of 60-80% of maximum voluntary ventilation in obese individuals. Though the authors did not observe significant changes on inspiratory muscle strength, there was a significant increase of maximum voluntary ventilation in the group submitted to the experimental protocol. Despite the different methods used by J-C Villiot-

Danger et al.¹⁶ and the present study, we also observed significant increase of the maximum voluntary ventilation after inspiratory muscle training. Despite the evidence regarding the predominance of slow fibers or muscle fibers in incomplete transition of the diaphragm muscle (fast to slow fibers) in obesity, muscle endurance is reduced in the morbidly obese individuals.²² This may be associated to higher work load imposed to the respiratory system due to accumulation of adipose tissue. With the improvement of the maximum voluntary ventilation after the inspiratory muscle training protocol, obese individuals have the work load reduced, as well as the oxygen consumption levels.¹⁸

Regarding the training protocol conducted by Barbalho-Moulim et al.¹², the authors used fifteen minutes in the daily exercise routine and the present study used two daily fifteen minutes sessions, a total of thirty minutes. The protocol chosen by the present study was also used in previous studies.^{11,15,16}

Regarding the spirometric parameters, we observed significant increase on FIV1 after intervention in the IMT group. No other spirometric variables had significant changes. It is known that FIV1 is used to quantify extra thoracic airway obstructions.²³ The obstruction in morbidly obese individuals can be seen as a result of the body fat deposit in the thoracic cavity as well as in the neck area, resulting in a lower chest wall compliance and modifications on the size of the central airways, decreasing FIV1.²⁴ In the present study, as a consequence of the influence of IMT on inspiratory muscles, characterized by the increase of maximum inspiratory pressure, it is believed that the gain, specifically the speed in generating pressure(contraction) , has a beneficial

effect in decreasing airways resistance and making gas exchange easier in morbidly obese individuals.

It was also observed significant decrease of ERV in the control group, which was submitted to twelve weeks of selective intervention with no work load. According to Jones and Nzekwu²⁵, this happens due to the severity of obesity, and it seems to reduce after bariatric surgery, unlike the other spirometric variables, which can be reduced or not.

There are some limitations to this study. Spirometric and sonographic measurements were not performed simultaneously. The prevalence in both groups for females and males were not matched. Although no statistical difference in respiratory muscle strength and endurance between groups were observed. Sonographic measurements were performed by one physician in this study and the interobserver variability could not be evaluated.

In conclusion, inspiratory muscle training significantly increased maximal inspiratory pressure, maximal voluntary ventilation and made changes on FIV1. Furthermore, the other spirometric variables and right diaphragmatic excursion did not show significant changes after training in morbidly obese individuals. Results suggest that the efficiency of the respiratory muscles reached after the intervention was insufficient to have an impact on diaphragmatic mobility and to modify ventilation mechanics, most probably due to the presence of adipose tissue, which adds resistance to the respiratory system. Although, prior to bariatric surgery IMT may be a valuable approach on obese patients to attenuate post-operative pulmonary complications. However, further studies needed to assess the effects of longer protocols and in these patients.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Hospital Agamenon Magalhães, for allowing access to their patients.

We also thank Radiology Departament of Hospital Barão de Lucena, which made possible the realization of this study.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflicts of interest exist with any companies/organizations whose products or services may be discussed in this article.

References

1. Mcclean KM, Kee F, Young IS, et al. Obesity and the lung: epidemiology. *Thorax*. 2008;63(7):649–54.
2. Chlif M, Keochkerian D, Choquet D, et al. Effects of obesity on breathing pattern, ventilatory neural drive and mechanics. *Respir Physiol Neurobiol*. 2009 30; 168: 198-202.
3. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J. Appl Physiol* 2010; 108: 206–11.
4. Costa D, Barbalho MC, Miguel GPS, Forti EMP, Azevedo JLMC. The impact of obesity on pulmonary function in adult women. *Clinics* 2008; 63:719-24.
5. Srinivas CH, Shekhar R, Madhavi LM. The Impact of Body Mass Index on the Expiratory Reserve Volume. *JCDR* 2011; 5(3): 523-525.
6. Scano G, Stendardi L, Bruni GI. The respiratory muscles in eucapnic obesity: their role in dyspnea. *Resp Med* 2009; 103: 1276-1285.
7. Fagevik Olsen M, Hahn I, Nordgren S, et al. Randomized controlled trial of prophylactic chest physiotherapy in major abdominal surgery. *Br J Surg*. 1997;84(11):1535–8.
8. Paisani DM, Chiavegato LD, Faresin SM. Lung volumes, lung capacities and respiratory muscle strength following gastroplasty. *J Bras Pneumol*. 2005;31(2):125–32.
9. Lawrence VA, Cornell JE, Smetana GW. Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiothoracic surgery: systematic review

for the American College of Physicians. *Ann Intern Med.* 2006;144(8):596–608.

10. Dronkers J, Veldman A, Hoberg E, et al. Prevention of pulmonary complications after upper abdominal surgery by preoperative intensive inspiratory muscle training: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 2008;22(2):134–42.
11. Kulkarni SR, Fletcher E, McConnell AK, Poskitt KR, Whyman MR. Preoperative inspiratory muscle training preserves postoperative inspiratory muscle strength following major abdominal surgery – a randomized pilot study. *Ann R Coll Surg Engl.* 2010;92:700–5
12. Barbalho-Moulim MC, Miguel GPS, Forti EMP, Cesar MC, Azevedo JLMC, Costa D. Silicone-Ring Roux-en-Y Gastric Bypass in the Treatment of Obesity: Effects of Laparoscopic Versus Laparotomic Surgery on Respiration. *Obes Surg.* 2011;21:194-9
13. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:518–624
14. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography. *Chest* 2009;135:391–400.
15. Dall'Ago P, Chiappa GR, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47(4):757-63.

16. Villiot-Danger JC, Villiot-Danger E, Borel JC, Pépin JL, Wuyam B, Vergès S. Respiratory muscle endurance training in obese patients. *Int J Obes* 2011; 35: 692-699.
17. Enright SJ, Unnithan VB, Heward C, Whithnall L, Davies DH. Effect of High-Intensity Inspiratory Muscle Training on Lung Volumes, Diaphragm Thickness, and Exercise Capacity in Subjects Who Are Healthy. *Phys Ther* 2006; 86: 345-354.
18. Mickleborough TD, Stager JM, Chatham K, Lindley MR, Ionescu AA. Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *Eur J Appl Physiol* 2008; 103:635–646.
19. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J. Appl Physiol* 2010; 108: 206–11.
20. Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci.* 2001;321:249–79
21. Pankow W, Podszus T, Gutheil T, Penzel T, Peter J, von Wichert P. Expiratory flow limitation and intrinsic positive end-expiratory pressure in obesity. *J Appl Physiol* 1998;85:1236–1243.
22. Weiner P, Waizman J, Weiner M, Rabner M, Magadle R, Zamir D. Influence of excessive weight loss after gastroplasty for morbid obesity on respiratory muscle performance. *Thorax* 1998;53:39–42.
23. Visser FJ, Ramlal S, Dekhuijzen PNR, Heijdra YF. Recommendations for the Measurement of FIV 1 Values in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Respiration* 2008;76:46–52.

24. Ulubasa B, Genb R, Tumkayac M, Akbayb E, Cahkoglua M. Lung function impairment in women aged over 40 years: The critical role of abdominal obesity. *Obes Res Clin Pract* 2011; 5: 79-83.
25. Jones RL, Nzekwu M-MU. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest* 2006; 130: 827-833.

FIGURES

Figure 1. Diaphragmatic assessment. Left and Right Column from Upper to Bottom are: Deep Breath (DB), Voluntary Breath (VB) and Quiet Breath (QB). Placements of expiratory calipers are showed by the number “1” and inspiratory calipers are showed by the number “2”.

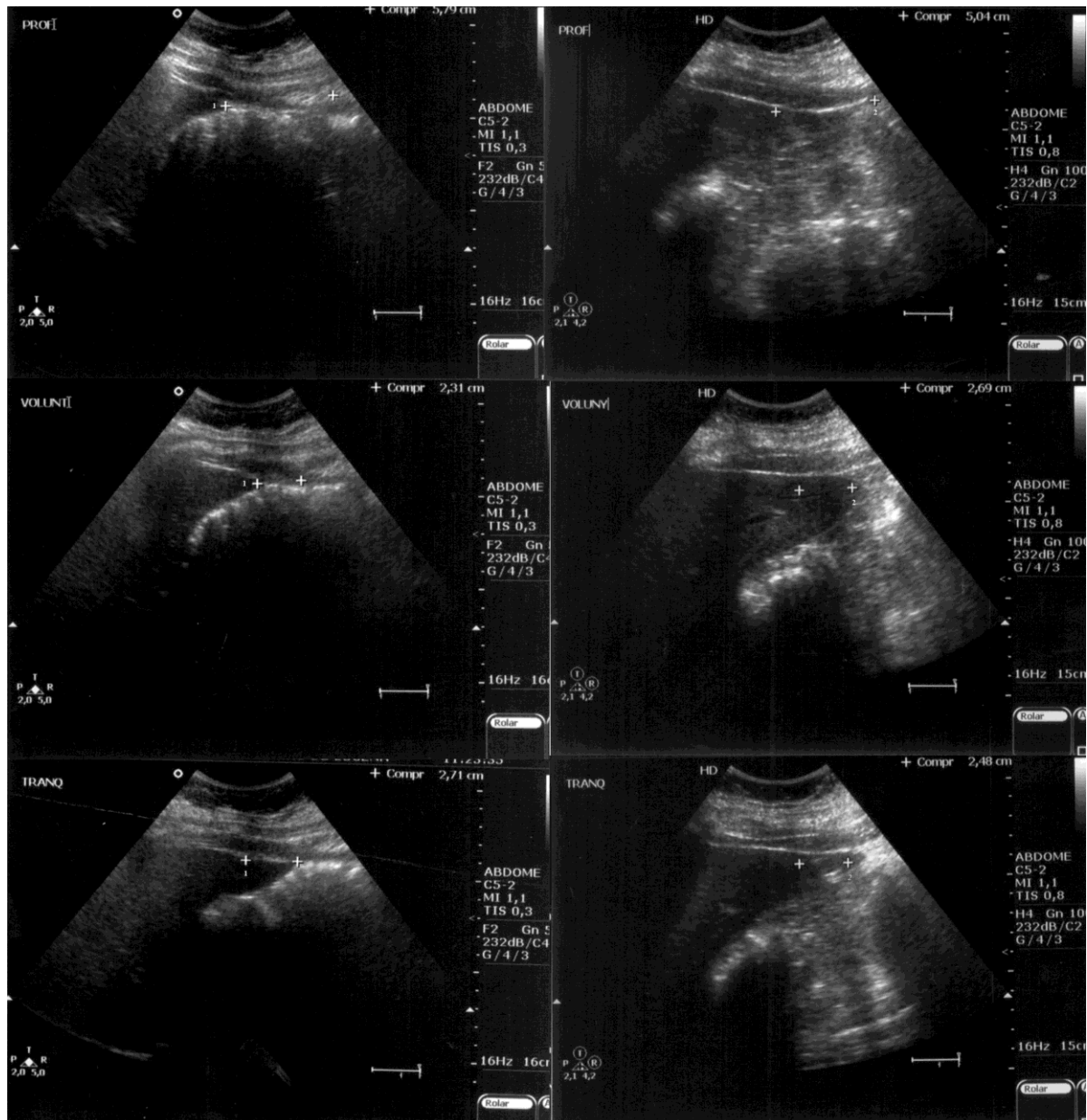
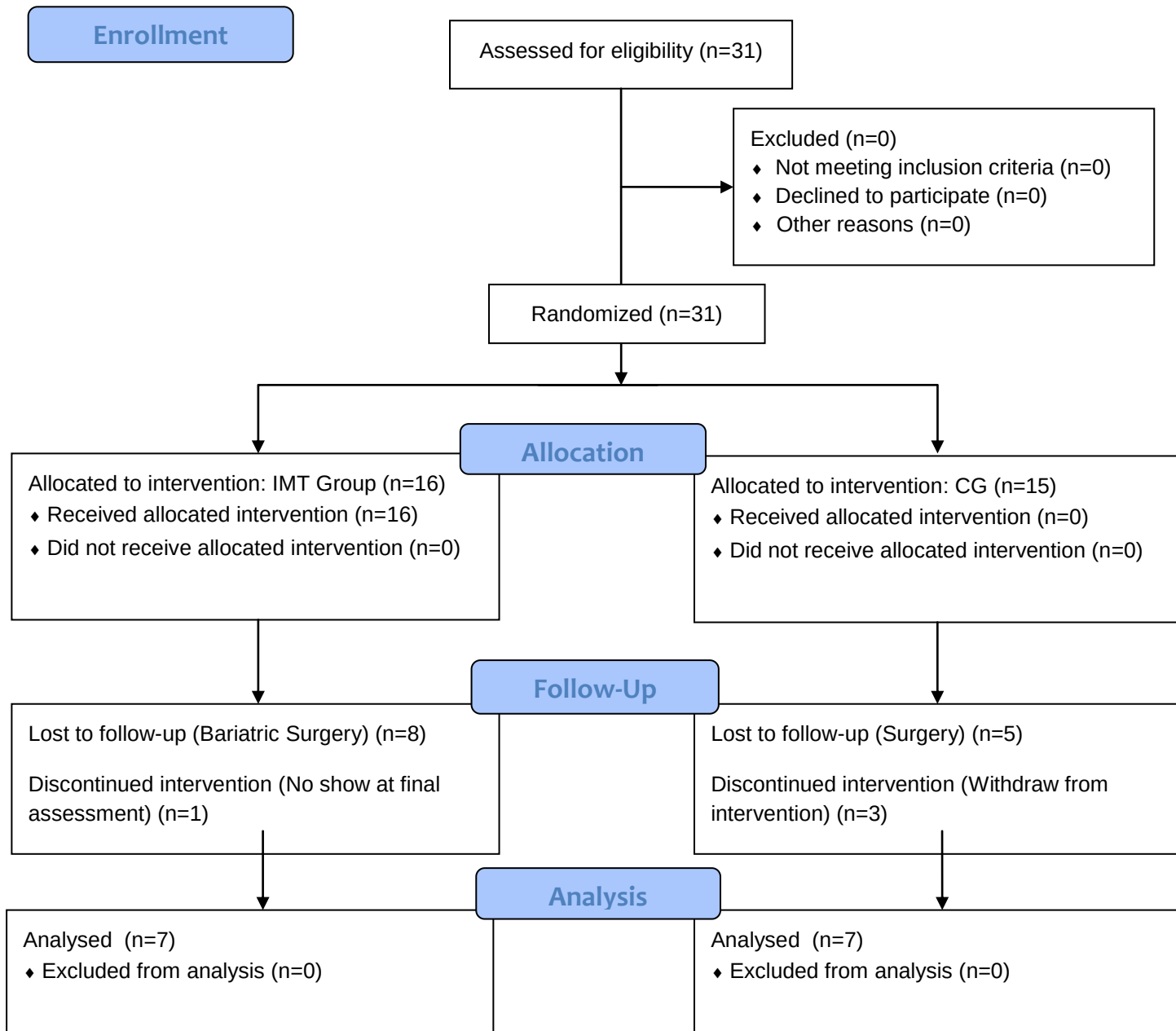


Figure 2. Flow chart of study subjects



TABLES

Table 1 - Baseline Data in Morbid Obese.

Variables	Morbid Obese (n=14)
Age (years)	35,64 ± 8,87
BMI (Kg/m ²)	45,26 ± 4,05
FVC (L)	3,16 ± 0,88
FEV ₁ (L)	2,77 ± 0,67
FEV1/FVC (%)	88,05 ± 4,52
PEF (L/s)	6,25 ± 1,58
FIVC (L)	2,95 ± 0,83
FIV1 (L)	2,86 ± 0,85
FIV1/FIVC (%)	98,84 ± 5,03
PIF (L/s)	3,85 ± 1,21
SVC (L)	3,23 ± 0,87
FEV1/VC (%)	86,98 ± 12,41
ERV (L)	0,61 ± 0,29
IC (L)	2,06 ± 0,6
PI _{max} (cmH ₂ O)	-81,36 ± -17,73
PE _{max} (cmH ₂ O)	89,05 ± 18,10
MVV (L/min)	90,36 ± 30,17
Quiet Breath (cm)	1,81 ± 0,44
Voluntary Breath (cm)	4,05 ± 1,27
Deep Breath (cm)	5,75 ± 1,45

Data are presented as mean ± SD. BMI - body mass index; FVC - forced vital capacity; FEV1 - forced expiratory volume in one second; FEV1/FVC - ratio of forced expiratory volume in one second to forced vital capacity; PEF - Peak expiratory flow; FIVC - forced inspiratory vital capacity; FIV1 - forced inspiratory volume in one second; FIV1/FIVC - ratio of forced inspiratory volume in one second to forced inspiratory vital capacity; PIF - Peak inspiratory flow; SVC - slow vital capacity; ERV - expiratory reserve volume; IC - inspiratory capacity; PE_{max} - maximal inspiratory pressure; PE_{max} - maximal expiratory pressure; MVV - maximal voluntary ventilation

Table 2 - Respiratory muscle strength and endurance, pulmonary function and diaphragmatic mobility in the IMT and Control Groups.

Variables	IMT Group (n=7)		Control Group (n=7)	
	12-Week		12-Week	
	Baseline	Intervention	Baseline	Intervention
Plmax (cmH ₂ O)	86,86 ± 20,70	106,43 ± 32,97*	75,86 ± 13,47	77,71 ± 11,71***
PEmax (cmH ₂ O)	93,71 ± 21,46	105,14 ± 22,03	85,29 ± 14,42	95 ± 35,74
MVV (L/min)	97,84 ± 37,06	115,17 ± 34,17*	82,89 ± 21,66	85,60 ± 17,61
FVC (L)	3,36 ± 1,15	3,58 ± 0,96	2,96 ± 0,52	2,96 ± 0,62
FEV ₁ (L)	2,92 ± 0,83	3,10 ± 0,76	2,61 ± 0,48	2,59 ± 0,55
FEV1/FVC (%)	88,10 ± 6,40	86,90 ± 3,69	88 ± 1,81	87,47 ± 2,46
PEF (L/s)	6,80 ± 1,91	6,68 ± 1,37	5,70 ± 1,02	5,68 ± 1,20
FIVC (L)	3,18 ± 1,09	3,37 ± 0,95	2,73 ± 0,44	2,81 ± 0,58
FIV1 (L)	3,13 ± 1,11**	3,35 ± 0,96	2,59 ± 0,41	2,22 ± 1,07***
FIV1/FIVC (%)	98,37 ± 3,62	99,33 ± 1,61	95,3 ± 6,02	82,79 ± 36,21
PIF (L/s)	4,27 ± 1,46	4,95 ± 1,20	3,42 ± 0,77	3,76 ± 1,23
SVC (L)	3,71 ± 0,97**	3,5 ± 1,24	2,75 ± 0,40	3,12 ± 0,61
FEV1/VC (%)	79,17 ± 10,37**	90,73 ± 11,93	94,77 ± 9,17	83,97 ± 15,42*
ERV (L)	0,67 ± 0,39	0,67 ± 0,48	0,54 ± 0,16	0,36 ± 0,23*
IC (L)	3,03 ± 0,61**	2,83 ± 0,90	2,22 ± 0,33	2,76 ± 0,63*
Quiet Breath (cm)	1,72 ± 0,24	2,04 ± 0,70	1,90 ± 0,58	1,68 ± 0,54
Voluntary Breath (cm)	4,57 ± 1,21	4,04 ± 1,29	3,53 ± 1,17	3,10 ± 0,78
Deep Breath (cm)	6,27 ± 1,76	6,49 ± 2,05	5,24 ± 0,90	5,53 ± 1,07

Data are presented as mean ± SD. FVC - forced vital capacity; FEV1 - forced expiratory volume in one second; FEV1/FVC - ratio of forced expiratory volume in one second to forced vital capacity; PEF - Peak expiratory flow; FIVC - forced inspiratory vital capacity; FIV1 - forced inspiratory volume in one second; FIV1/FIVC - ratio of forced inspiratory volume in one second to forced inspiratory vital capacity; PIF - Peak inspiratory flow; SVC - slow vital capacity; ERV - expiratory reserve volume; IC - inspiratory capacity; MIP - maximal inspiratory pressure; MEP - maximal expiratory pressure; MVV - maximal voluntary ventilation.

*p<0,05 for 12-Week intervention vs. Baseline

**p<0,05 for IMT Group vs. Control Group at Baseline

***p<0,05 for Control Group vs. IMT Group at 12-Week Intervention

CAPÍTULO 5.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao nosso conhecimento, este estudo foi o primeiro a descrever a excursão do hemidiafragma direito através da ultrassonografia modo-B em indivíduos obesos mórbidos. Desta forma, a avaliação da mobilidade do diafragma torna-se útil na identificação precoce de disfunções importantes na função pulmonar nos indivíduos obesos mórbidos.

Além disso, foi mostrado neste estudo que um protocolo de doze semanas de treinamento muscular inspiratórios mostrou-se útil em melhorar a força muscular inspiratória, a ventilação voluntária máxima e o volume inspiratório forçado no primeiro segundo. Esses achados permitem sugerir a indicação desse protocolo de treinamento muscular seletivo em obesos mórbidos a serem submetidos à cirurgia bariátrica.

ANEXO

APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA


SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. Nº. 255/2010 - CEP/CCS Recife, 23 de setembro de 2010

Registro do SISNEP FR – 351109
CAAE – 0280.0.172.000-10
Registro CEP/CCS/UFPE Nº 278/10
Título: A influência do treinamento muscular inspiratório sobre a mobilidade diafragmática, função pulmonar e qualidade de vida em indivíduos obesos.
Pesquisador Responsável: Maria do Socorro Brasileiro Santos

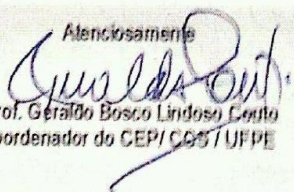
Senhor(a) Pesquisador(a):

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) registrou e analisou de acordo com a Resolução N.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, o protocolo de pesquisa em epígrafe, liberando-o para início da coleta de dados em 23 de setembro 2010.

Ressaltamos que a aprovação definitiva do projeto será dada após a entrega do relatório final, conforme as seguintes orientações:

- a) Projetos com, no máximo, 06 (seis) meses para conclusão: o pesquisador deverá enviar apenas um relatório final;
- b) Projetos com períodos maiores de 06 (seis) meses: o pesquisador deverá enviar relatórios semestrais.

Dessa forma, o ofício de aprovação somente será entregue após a análise do relatório final.

Atenciosamente

Prof. Geraldo Bosco Lindoso Couto
Coordenador do CEP/CCS/UFPE

A
Doutoranda Maria do Socorro Brasileiro Santos
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Av. Prof. Moraes Rego s/n, 1º Andar, Cid. Universitária, 50670-901, Recife - PE, Tel/fax: 81 2126 8588, cep@ufpe.br