



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

MARCELA CANGUSSU BARBALHO MOULIM

**FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA EM CIRURGIA BARIÁTRICA:
PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO**

SÃO CARLOS

2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

MARCELA CANGUSSU BARBALHO MOULIM

**FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA EM CIRURGIA BARIÁTRICA:
PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia. Projeto desenvolvido com o apoio do CNPq (processo nº579981/2008-8).

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Costa

SÃO CARLOS

2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

M926fr

Moulim, Marcela Cangussu Barbalho.
Fisioterapia respiratória em cirurgia bariátrica:
procedimentos de avaliação e intervenção / Marcela
Cangussu Barbalho Moulim. -- São Carlos : UFSCar, 2011.
126f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,
2011.

1. Fisioterapia. 2. Cirurgia bariátrica. 3. Obesidade. 4.
Diafragma. 5. Força muscular. 6. Espirometria I. Título.

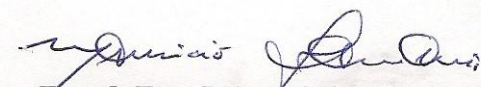
CDD: 615.82 (20^a)

Membros da banca examinadora para defesa de tese de doutorado de
Marcela Cangussu Barbalho Moulin, apresentada ao Programa De Pós-
Graduação Em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, em 16 de
maio de 2011

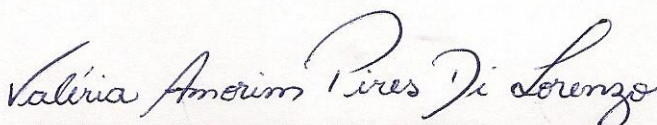
Banca Examinadora:



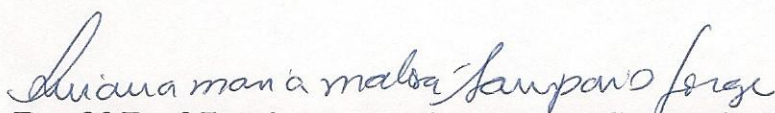
Prof. Dr. Dirceu Costa
(UNINOVE)



Prof. Dr. Mauricio Jamami
(UFSCar)



Prof.ª Dr.ª Valeria Amorim Pires Di Lorenzo
(UFSCar)



Prof.ª Dr.ª Luciana Maria Malosá Sampaio Jorge
(UNINOVE)



Prof.ª Dr.ª Vera Lucia dos Santos Alves
(FCMSC-SP)

Dedico esse trabalho a todas as
pessoas envolvidas nele: família,
Jorge, Dirceu, pacientes, professores
e colegas. Todos contribuíram de
forma muito especial para sua
realização e conclusão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela oportunidade, e por me dar capacidade e persistência desde o início até o fim deste trabalho. Por colocar no meu caminho pessoas maravilhosas e fundamentais para realização e conclusão do mesmo.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Dirceu Costa, pela atenção e compreensão. Por ter me dado a oportunidade de ser sua aluna de doutorado. Por ter orientado tão brilhantemente meu trabalho, e mais ainda na minha formação profissional. Todo esse período de convivência foi de grande importância para o meu aprendizado e crescimento. Mais do que conhecimentos teóricos, pelo seu exemplo, você me faz ter orgulho em ser fisioterapeuta.

Agradeço ao Laboratório de Espirometria e de Fisioterapia Respiratória da UFSCar, à Bruna, Renata, Eloisa, Gualberto e aos demais colegas pela grande ajuda dispensada.

Agradeço a todos os professores do curso de Pós-graduação em Fisioterapia da UFSCar, que ministraram as disciplinas ao longo do curso, pelo incentivo e apoio que tanto contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Agradeço à Prof^a. Dr^a. Eli Maria Pazzianoto Forti da UNIMEP pela parceria e grande contribuição no desenvolvimento do meu conhecimento.

Agradeço à Kelly, assistente administrativa do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da UFSCar, pela sua disponibilidade, prestatividade e educação inigualáveis.

Agradeço a toda minha família, pelo apoio, incentivo e pelas orações. Agradeço em especial aos meus pais, minhas irmãs e ao meu marido pela compreensão nos meus momentos de ausência durante esses anos.

Agradeço às minhas voluntárias, que se dispuseram a participar da pesquisa com tanta boa vontade e disponibilidade.

Agradeço ao cirurgião, Dr. Gustavo Peixoto, pela parceria e confiança para a realização da pesquisa e a toda sua equipe, em especial ao Dr. Izaac de Abreu, Dr. Alberto Buge, Dr Tarcio Correa, Kamila e Vanilza.

Agradeço a Equipe de Fisioterapia do Hospital Meridional – FISIOCENTER – pela acessibilidade e pela facilitação para realização da pesquisa, assim como toda a diretoria do Hospital Meridional.

Agradeço à Bioscan Meridional, pela realização das radiografias de tórax, que tanto contribuíram para os resultados desse trabalho, em especial agradeço ao Dr. Flávio Amaral, pela análise das radiografias de tórax, e a todos técnicos em radiologia pela prestatividade e carinho com que me ajudaram.

Agradeço ao CNPq, como órgão de fomento, que muito contribuiu para a realização desse trabalho com suporte financeiro.

Por fim, agradeço a todos, que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização e conclusão desse trabalho.

Muito Obrigada!

RESUMO

A obesidade, considerada uma epidemia mundial atualmente, causa sérios danos à saúde em geral e especialmente à função respiratória. Essas alterações são causadas pelo grande depósito de gordura na região do tórax e abdômen dos obesos, que prejudica a movimentação do músculo diafragma, levando à redução do espaço intratorácico ocupado pelos pulmões. Nos casos de obesidade mórbida, a cirurgia tem sido recomendada como tratamento de escolha, já que o tratamento conservador é, na maioria das vezes, falho. Tal procedimento pode ser realizado por videolaparoscopia ou por laparotomia. Por se tratar de indivíduos que já apresentam prejuízos à função pulmonar no período pré-operatório, a escolha da via de acesso cirúrgico em obesos deve também levar em consideração aquela técnica que tenha menor repercussão na função pulmonar, reduzindo assim o risco de aparecimento de complicações pulmonares no período pós-operatório. Sendo assim, o objetivo do primeiro estudo foi comparar a repercussão na função pulmonar e na dor da cirurgia bariátrica realizada por videolaparoscopia e por laparotomia. Participaram desse estudo 26 mulheres obesas, que realizaram a cirurgia bariátrica por videolaparoscopia (GV, n=13) ou laparotomia (GL, n=13). A avaliação respiratória foi realizada no período pré-operatório e no segundo dia de pós-operatório por meio da espirometria, da manovacuometria e da mobilidade diafragmática. A dor foi avaliada pela escala visual analógica no segundo dia de pós-operatório. Os resultados obtidos indicam que apesar de não ter havido diferença na incidência de complicações pulmonares e no tempo de internação hospitalar entre os grupos, a cirurgia bariátrica realizada por videolaparoscopia causou menos dor e menor prejuízo à função pulmonar no período pós-operatório. Sabendo do grau de comprometimento da função pulmonar no período pós-operatório de cirurgia bariátrica, especialmente por laparotomia, algumas estratégias têm sido estudadas com o objetivo de atenuar essas alterações, tais como o treinamento muscular inspiratório (TMI) no pré-operatório. Sendo assim, o objetivo do segundo estudo foi verificar se a fisioterapia respiratória, por meio do TMI, realizada no pré-operatório de cirurgia bariátrica aberta, é capaz de atenuar o impacto do trauma cirúrgico na força muscular respiratória, nos volumes pulmonares e na mobilidade diafragmática. Foram avaliadas 32 mulheres obesas submetidas à cirurgia bariátrica aberta e randomizadas em dois grupos: um grupo que realizou TMI no pré-operatório (grupo TMI - n=15) e outro que recebeu apenas o tratamento convencional (grupo controle - n=17). Foram realizados testes para avaliação da força muscular respiratória, dos volumes pulmonares e da mobilidade diafragmática antes do período de treinamento, após o período de treinamento e no primeiro dia de pós-operatório. De acordo com os resultados pôde-se verificar que o TMI pré-operatório aumenta a força muscular inspiratória (PI_{max}) e atenua o impacto negativo da cirurgia bariátrica aberta para essa variável, apesar de parecer não influenciar a PE_{max}, os volumes pulmonares e a mobilidade diafragmática. Adicionalmente, estudos têm sugerido que a perda de peso pode reverter muitas alterações da função pulmonar causadas pela obesidade. Por isso, no terceiro e último estudo, foi avaliada a função pulmonar de parte das voluntárias (n=14) do primeiro e segundo estudo, sedentárias, após 1 ano da realização da cirurgia bariátrica, por meio dos testes de espirometria e manovacuometria. A partir dos resultados observamos que a perda de peso induzida pela cirurgia bariátrica promove uma melhora na mecânica ventilatória, aumento dos volumes pulmonares e da endurance respiratória (VVM). No entanto, houve também uma redução na força dos músculos respiratórios, provavelmente causada pela perda de massa magra e redução da sobrecarga respiratória após a perda de peso.

Palavras-chave: Fisioterapia. Cirurgia bariátrica. Obesidade. Espirometria. Diafragma. Força muscular.

ABSTRACT

Obesity, considered a worldwide epidemic, causes serious damage to health, especially to the respiratory function. These changes are caused by the extra adipose tissue in the chest wall and abdominal cavity of obese patients, which impairs the movement of the diaphragm and compresses the lungs. In view of the limitations of conservative treatments, surgical interventions have been recommended as treatment of choice. This procedure can be carried out by laparoscopy or laparotomy (open). Because the pulmonary function is already in a compromised state before the operation in obese individuals, the choice for the surgical procedure to be used should consider the impact on respiration, thereby reducing the risk of developing postoperative pulmonary complications. Thus, the goal of the first study was to compare the effect on lung function and on pain of bariatric surgery performed by laparoscopy and laparotomy. Participated in this study 26 obese women who underwent bariatric surgery by laparoscopy (LG, n = 13) or laparotomy (OG, n = 13). The respiratory evaluation was performed in the preoperative period and on the second postoperative day by spirometry and other tests that evaluated respiratory muscle strength and diaphragmatic mobility. Pain was assessed by visual analogue scale on the second postoperative day. The results indicate that although there was no difference in the incidence of pulmonary complications and hospital stay between the groups, bariatric surgery performed by laparoscopy caused less pain and less impairment of pulmonary function in the postoperative period. Knowing the degree of impairment of pulmonary function in the postoperative period of bariatric surgery, especially by laparotomy, some strategies have been studied in order to attenuate these changes, such as preoperative inspiratory muscle training (IMT). Therefore, the objective of the second study was to determine whether the preoperative IMT in open bariatric surgery, is able to mitigate the impact of surgical trauma on muscle strength, in lung volumes and diaphragmatic mobility. We evaluated 32 obese women who underwent open bariatric surgery and randomized into two groups: one group that underwent preoperative IMT (IMT group - n = 15) or who received only conventional treatment (control group - n = 17). Tests were conducted to evaluate the respiratory muscle strength, lung volume and diaphragmatic excursion before the training period, after the training period and the first postoperative day. According to the results, could be verified that preoperative IMT improves inspiratory muscle strength (MIP) and attenuates the negative impact of open bariatric surgery to this variable, although it seems not to influence the MEP, the lung volume and diaphragmatic excursion. Additionally, studies have suggested that weight loss can reverse many changes in lung function caused by obesity. Therefore, in the third and final study, we evaluated the lung function of some patients (n = 14) of first and second study, sedentary, 1 year after bariatric surgery by means of spirometry and respiratory muscle strength tests. From the results we found that weight loss induced by bariatric surgery provides an improvement in ventilatory mechanics, increased lung volumes and respiratory endurance (MVV). However, there was also a reduction in respiratory muscle strength, probably caused by loss of lean body mass and reducing the burden breathing after weight loss.

Keywords: Physiotherapy. Bariatric surgery. Obesity. Spirometry. Diaphragm. Muscle strength.

LISTA DE ABREVIATURAS

CPP – complicação pulmonar no pós-operatório

CPT – capacidade pulmonar total

CRF – capacidade residual funcional

CV – capacidade vital

CVF – capacidade vital forçada

EVA – escala visual analógica

IMC – índice de massa corpórea

Índice C/Q – índice cintura/quadril

PI_{max} – pressão inspiratória máxima

PE_{max} – pressão expiratória máxima

TMI – treinamento muscular inspiratório

VC – volume corrente

VEF₁ – volume expiratório forçado no primeiro segundo

VR – volume residual

VRE – volume de reserva expiratório

VRI – volume de reserva inspiratório

VVM – ventilação voluntária máxima

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Teste de espirometria	30
Figura 2 – Teste de manovacuometria - P _I max e P _E max	31
Figura 3 – Radiografia de tórax em inspiração sobreposta à radiografia em expiração, A: Avaliação da mobilidade da hemicúpula diafragmática D, B: Avaliação da hemicúpula diafragmática E ..	32
Figura 4 – Teste de manovacuometria - P _I max e P _E max	45
Figura 5 – Teste de espirometria	46
Figura 6 – Cálculo da mobilidade diafragmática: Eixo hemicúpula direita (D)	47
Figura 7 – Cálculo da mobilidade diafragmática: Área hemicúpula direita (D)	47
Figura 8 – Fluxograma dos participantes do estudo	51
Figura 9 – Gráfico do comportamento da P _I max nas avaliações T1, T2 e T3 dos grupos TMI e controle	55
Figura 10 – Gráfico do comportamento da P _E max nas avaliações T1, T2 e T3 dos grupos TMI e controle	56
Figura 11 – Gráfico do delta de variação percentual da P _I max entre o pré-operatório (T1) e pós-operatório (T3), dos grupos TMI e controle.....	56

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** – Classificação Internacional de adultos de acordo com o índice de massa corporal (IMC) **14**
- TABELA 2** – Média e desvio padrão das variáveis espirométricas dos Grupos Videolaparoscopia (GV) e Laparotomia (GL)..... **35**
- TABELA 3** – Resultados do teste de manovacuometria para a avaliação da força muscular respiratória: médias e desvios padrão em centímetros de água (cmH₂O) da pressão inspiratória máxima (P_Imax), da pressão expiratória máxima (P_Emax), dos percentuais dos valores preditos para a P_Imax (%P_Imax) e para a P_Emax (%P_Emax), dos grupos videolaparoscopia (GV) e laparotomia (GL), com as diferenças (Dif) entre os valores expressos em termos percentuais..... **36**
- TABELA 4** – Média e desvio padrão da Mobilidade (Mob.) Diafragmática das hemicúpulas direita (D) e esquerda (E) dos Grupos Videolaparoscopia (GV) e Laparotomia (GL) **36**
- TABELA 5** – Perfil da amostra – Idade, IMC, Índice C/Q e comorbidades dos grupos TMI e controle **51**
- TABELA 6** – Dados da Cirurgia – Tempo de anestesia, tempo de internação hospitalar, EVA e atelectasia subclínica **52**
- TABELA 7** - Valores de força muscular respiratória, espirometria e mobilidade diafragmática dos grupos TMI e controle **54**
- TABELA 8** – Idade, peso, IMC, Índice C/Q, P_Imax, P_Emax e variáveis espirométricas no pré-operatório e 1 ano de pós-operatório ... **70**

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.1 Conceito e incidência da obesidade	14
1.2 Complicações respiratórias da obesidade	15
1.3 Tratamento cirúrgico da obesidade	16
1.4 Complicações respiratórias das cirurgias abdominais altas	18
1.5 Fisioterapia em cirurgia bariátrica	20
1.6 Objetivos	23
1.7 Estudos realizados	23
2. PRIMEIRO ESTUDO	25
Resumo	26
2.1 Introdução	27
2.2 Métodos	28
2.2.1 Pacientes	29
2.2.2 Testes de avaliação da função pulmonar	29
2.2.3 Procedimento experimental	32
2.2.4 Análise estatística	34
2.3 Resultados	34
2.4 Discussão	36
2.5 Conclusão	39
3. SEGUNDO ESTUDO	40
Resumo	41
3.1 Introdução	42
3.2 Métodos	43
3.2.1 Pacientes	43
3.2.2 Avaliação da função pulmonar	44
3.2.3 Protocolo de intervenção	47
3.2.4 Análise estatística	49
3.3 Resultados	50
3.3.1 Características da amostra	50
3.3.2 Dados da Cirurgia	52
3.3.3 Variáveis avaliadas	52
3.4 Discussão	57
3.5 Conclusão	61
4. TERCEIRO ESTUDO	63
Resumo	64

4.1	Introdução	65
4.2	Métodos	66
4.2.1	Pacientes	66
4.2.2	Testes de avaliação da função pulmonar	67
4.2.3	Análise estatística	68
4.3	Resultados	68
4.4	Discussão	70
4.5	Conclusão	74
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS	79
	ANEXO I	94
	ANEXO II	101
	ANEXO III	126

1.CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Conceito e incidência da obesidade

A obesidade é conceituada como “uma doença crônica caracterizada pelo excesso de gordura corporal, que causa prejuízos à saúde do indivíduo, acompanhada de múltiplas complicações, tais como: *Diabetes Mellitus*, hipertensão arterial, dislipidemia, entre outras” (Organização Mundial da Saúde - OMS, 2000).

Em estudos de populações, o Índice de Massa Corporal (IMC) (definido pelo peso em kg dividido pela altura em metros quadrados) torna-se medida útil para avaliar o excesso de gordura corporal, sendo consensual admitir-se que, independentemente de sexo e idade, adultos com IMC igual ou superior a 30kg/m² devem ser classificados como obesos. Vide classificação na Tabela 1, a seguir:

TABELA 1 – Classificação internacional de adultos de acordo com o índice de massa corporal (IMC).

Classificação	IMC (kg/m²)
Baixo peso	< 18,5
Normal	18,5 – 24,9
Pré-obeso	25 – 29,9
Obeso I	30 – 34,9
Obeso II	35 – 39,9
Obeso III (obesidade mórbida)	≥ 40

Fonte: Organização Mundial da Saúde – OMS (2000)

Atualmente, há mais de um bilhão de adultos com excesso de peso e pelo menos 400 milhões são obesos (OMS, 2006). No Brasil, há dados

recentes, que revelam que 50,1% dos homens e 48% das mulheres estão acima do peso, e que na população brasileira 12,4 e 16,9%, respectivamente, são sujeitos obesos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010).

1.2 Complicações respiratórias da obesidade

A obesidade pode causar vários efeitos adversos ao organismo, sobretudo no sistema respiratório, como alterações na mecânica respiratória, na força e *endurance* dos músculos respiratórios, na troca gasosa, no controle da respiração, nos testes de função pulmonar e na capacidade de realizar exercício físico (Koenig, 2001; Ladosky, Botelho e Albuquerque, 2001; Rasslan et al, 2004; Faintuch et al, 2004; Lotti et al, 2005). Tais alterações são preocupantes e estimulam a realização de estudos que possibilitem fornecer mais esclarecimentos sobre as mesmas, bem como subsídios para possíveis intervenções preventivas e/ou curativas.

Essas alterações, em especial as da mecânica respiratória são causadas principalmente pelo grande depósito de gordura na região do tórax e do abdômen, que prejudicam a descida do diafragma, causando redução dos volumes pulmonares (Koenig, 2001). Vários autores já evidenciaram redução das variáveis espirométricas, tais como: da Capacidade Vital Forçada (CVF), do Volume Expiratório Forçado no 1º segundo (VEF₁), da Ventilação Voluntária Máxima (VVM) e da Capacidade Vital (CV) em sujeitos obesos quando comparados aos indivíduos eutróficos (Ladosky, Botelho e Albuquerque, 2001; Rasslan et al, 2004; Lotti et al, 2005; Costa et al, 2008), sendo que a alteração

mais freqüente é a redução do volume de reserva expiratório (VRE) (Koenig, 2001).

De acordo com os estudos recentes, a redução dos volumes pulmonares em sujeitos obesos não está apenas diretamente relacionada ao aumento do IMC, mas principalmente à distribuição da gordura corporal (Ladosky, Botelho e Albuquerque, 2001; Koenig, 2001 e Faintuch et al, 2004). Ochs-Balcom et al. (2006) chamaram a atenção para o fato de que o depósito de gordura abdominal é um fator determinante do comprometimento da função pulmonar, mais importante até que medidas gerais como peso e o IMC.

Além das alterações de volumes e capacidades pulmonares, o sujeito obeso mórbido também apresenta comprometimento da força muscular respiratória, já que esta musculatura trabalha em desvantagem mecânica, principalmente o músculo diafragma, pois o mesmo é elevado e pressionado pelo abdômen globoso desses indivíduos (Koenig, 2001). Todos esses fatores levam a uma redução da força e endurance desses músculos, levando a um aumento do trabalho respiratório (Lotti et al, 2005) e, portanto, maior gasto energético para semelhante taxa de consumo de oxigênio de um sujeito não obeso.

1.3 Tratamento cirúrgico da obesidade

Como tratamento adjuvante da obesidade, surge a cirurgia bariátrica, que tem se mostrado um método efetivo na perda de peso em um período curto de tempo sendo, a longo prazo, mais eficaz na manutenção dessa perda de peso (Christou e MacLean, 2005). Os candidatos para o tratamento cirúrgico da obesidade severa devem cumprir os seguintes critérios: ter IMC

maior ou igual a 40 kg/m² ou IMC entre 35 e 40 kg/m² associado à comorbidades relacionadas à obesidade (OMS, 2000).

Como citado por Ogunnaike et al. (2002), as técnicas cirúrgicas designadas para o tratamento da obesidade podem ser classificadas como disabsortivas, restritivas ou mistas: as técnicas disabsortivas são aquelas em que a perda de peso se baseia principalmente pela redução da absorção intestinal, as técnicas restritivas são aquelas em que a perda de peso se baseia na redução da capacidade de ingestão alimentar por meio da redução acentuada do estômago e por fim, a gastrojejunostomia em Y de Roux é a técnica considerada “padrão ouro” para o tratamento cirúrgico da obesidade severa, pois trata-se de uma técnica mista que combina restrição com um mínimo grau de disabsorção. Esse tipo de cirurgia tem se mostrado ser um procedimento capaz de conseguir uma importante perda de peso, em torno de 60 a 70% do excesso de peso corporal; além de erradicação ou significativa melhora em muitas comorbidades, tais como: hipertensão arterial e diabetes tipo II (Schauer et al, 2000).

A cirurgia para o tratamento da obesidade mórbida era no passado considerada a opção de última escolha. Tanto o procedimento cirúrgico quanto a anestesia eram considerados perigosos. Durante as décadas de 80 e 90, a anestesia para pacientes obesos tornou-se significativamente mais segura e com o advento da técnica laparoscópica e avanços tecnológicos, a cirurgia em obesos tem se tornado um procedimento mais confiável (Christou e MacLean, 2005).

A técnica cirúrgica para o tratamento da obesidade mórbida por via laparoscópica foi descrita pela primeira vez por Wittgrove, Clark e Tremblay

(1994). Estudos têm sugerido que a cirurgia por via laparoscópica é superior a cirurgia por via aberta por se tratar de um procedimento minimamente invasivo, causando menor dor no período pós-operatório, menos complicações, menor morbidade e menor tempo de internação hospitalar (Schauer et al, 2000; Nguyen et al, 2001a; Ogunnaike et al, 2002; Lawrence, Cornel e Smetana, 2006). Além disso, devido ao maior trauma cirúrgico da cirurgia aberta, esta causa maiores prejuízos à função pulmonar quando comparada à cirurgia laparoscópica, podendo aumentar o risco de complicações pulmonares no pós-operatório (Nguyen et al, 2001a).

1.4 Complicações respiratórias das cirurgias abdominais altas

Cirurgias de grande porte, realizadas na região superior do abdômen, como a cirurgia bariátrica, apresentam risco de complicações pulmonares no período pós-operatório (CPP) devido à proximidade do sítio cirúrgico ao músculo diafragma e pelo trauma direto aos músculos respiratórios (Fleischmann et al, 2003; MacAlister et al, 2005; Chetta et al, 2006).

A função pulmonar é prejudicada após uma cirurgia abdominal alta pela soma de dois fatores: efeitos negativos da anestesia geral e por efeito direto da cirurgia.

Segundo Rock e Rich (2003), a anestesia geral causa redução do número e atividade dos macrófagos alveolares, aumento da permeabilidade capilar, inibição da liberação de surfactante com conseqüente redução da capacidade residual funcional (CRF) e maior risco de atelectasia, além de redução da mobilidade diafragmática.

Esses fatores se somam aos efeitos negativos à função pulmonar causados diretamente pelo procedimento cirúrgico, já que o trauma local, próximo e/ou direto aos músculos respiratórios, causa dor, redução da complacência abdominal, inibição reflexa ao músculo diafragma e disfunção da musculatura respiratória. Com a função da musculatura respiratória prejudicada, os movimentos do tórax e abdômen durante a respiração ficam limitados, levando a uma redução da expansibilidade tóraco-abdominal. Fato esse, que leva à redução dos volumes pulmonares, da complacência pulmonar, além de dificultar o *clearance* muco ciliar, favorecendo o acúmulo de secreção pulmonar, aumentando assim o risco de surgimento de complicações, tais como, atelectasia e pneumonia (Rock e Rich, 2003; Chetta et al, 2006; Westwood et al, 2007; Keus et al, 2008), justificando constantes estudos nessa área.

Alguns autores consideram a disfunção diafragmática no pós-operatório como a principal causa de complicações pulmonares (Celli 1993; Ayoub et al, 2001; Rock e Rich, 2003; Westwood et al, 2007).

As alterações do padrão respiratório, comuns no pós-operatório de cirurgia abdominal alta, são mais acentuadas nos sujeitos obesos por estes já apresentarem prejuízo da mecânica ventilatória (Koenig, 2001). Eichenberger et al. (2002), comparando a incidência de atelectasia em sujeitos obesos e não obesos, verificaram através de tomografia computadorizada que antes mesmo da indução anestésica havia significativamente mais áreas de atelectasia no grupo de obesos mórbidos que no grupo de não obesos, assim como durante a anestesia geral e após 24 horas da cirurgia.

1.5 Fisioterapia em Cirurgia Bariátrica

De acordo com dados da literatura, a fisioterapia parece atenuar os efeitos negativos do trauma cirúrgico à função pulmonar, por isso, tem sido recomendada como uma estratégia para prevenção de CPP, já que esse tipo de complicação contribui para maior morbidade e prolongado tempo de internação hospitalar, gerando implicações negativas aos pacientes e maiores custos (MacAlister et al, 2005; Lawrence, Cornel e Smetana 2006).

Para a fisioterapia realizada no período pós-operatório, várias técnicas são descritas, tais como: exercícios de respiração profunda, inspirometria de incentivo, EPAP (*end positive airway pressure*), drenagem postural, tosse assistida entre outras, visando a reexpansão pulmonar e higiene brônquica (Lawrence, Cornel e Smetana, 2006; Qaseen et al 2006).

Thomas e McIntosh (1994), através de uma metanálise, concluíram que o uso de exercícios respiratórios e da inspirometria de incentivo no período pós-operatório foi mais efetivo na prevenção de complicações pulmonares, do que no grupo de pacientes que não fizeram nenhum tipo de tratamento fisioterapêutico. Chumillas et al. (1998) também evidenciaram que a reabilitação respiratória previne as complicações pulmonares no pós-operatório, sendo mais efetivas em pacientes de moderado a alto risco. Olsén et al. (1997), através de um estudo randomizado, evidenciaram um número quatro vezes maior na incidência de complicações pulmonares no pós-operatório no grupo de pacientes não tratados quando comparados àqueles que receberam a fisioterapia respiratória, sendo as mesmas mais freqüentes em obesos. Chuter et al. (1990), verificou que o exercício respiratório priorizando a movimentação abdominal (diafragmática) aumentou a mobilidade

do músculo diafragma no pós-operatório de colecistectomia. No entanto, apesar de recomendado, as evidências científicas de resultados positivos com a fisioterapia respiratória no pós-operatório de cirurgia abdominal ainda são inconsistentes e inespecíficas para cada técnica (Lawrence, Cornell e Smetana, 2006; Qaseen et al, 2006).

Alguns autores preconizam que a fisioterapia respiratória também seja realizada no pré-operatório de cirurgias de grande porte para prevenir complicações pulmonares, visando principalmente o treinamento da musculatura respiratória (Hulzebos et al, 2006).

Trabalhos publicados sobre os efeitos da fisioterapia respiratória no pré-operatório de cirurgia torácica e cardíaca são mais freqüentes e todos mostram resultados benéficos, tais como: melhor condicionamento cardiorrespiratório, mais rápida recuperação no pós-operatório imediato, redução nas complicações pulmonares, menor tempo de internação hospitalar, entre outros (Debigaré et al, 1999; Hulzebos et al, 2006; Jones et al, 2007; Bobbio et al, 2008).

Exercícios de *endurance*, treinamento muscular inspiratório (TMI), fortalecimento da musculatura periférica e exercícios respiratórios são as técnicas mais usadas para fisioterapia respiratória no pré-operatório (Debigaré et al, 1999; Hulzebos et al, 2006; Jones et al, 2007; Bobbio et al, 2008).

Dentre elas, o TMI tem sido indicado principalmente para prevenção de CPP, já que é direcionado à principal causa destas complicações: a disfunção da musculatura respiratória, incluindo do diafragma (Hulzebos et al, 2006).

São escassos os trabalhos sobre a fisioterapia respiratória no pré-operatório de cirurgia abdominal, especialmente em cirurgia bariátrica. Mais

recentemente, Dronkers et al. (2008), publicaram resultado de um estudo piloto sobre o TMI para prevenção de CPP no pré-operatório de cirurgia eletiva para correção de aneurisma de aorta abdominal. E, de acordo com os autores, o TMI parece ser uma alternativa bem tolerada pelos pacientes, sem efeitos adversos e capaz de reduzir atelectasias no pós-operatório de pacientes submetidos a esse tipo de cirurgia. Kulkarni et al. (2010), compararam diferentes técnicas de fisioterapia respiratória (respiração diafragmática, inspirometria de incentivo e TMI) no pré-operatório de cirurgia abdominal e evidenciaram que o TMI foi específico para aumentar a força muscular inspiratória no pré-operatório e preservá-la no pós-operatório. Com cirurgia bariátrica especificamente, Cattano et al. (2010), avaliaram se a inspirometria de incentivo realizada no pré-operatório é capaz de preservar a função pulmonar no pós-operatório, e os autores constataram que esta técnica parece não ter efeito significativo.

Sendo assim, estudos direcionados para avaliação respiratória de obesos após cirurgias de grande porte, são necessários para se determinar o grau de comprometimento da função pulmonar e a partir daí traçar estratégias para prevenir possíveis complicações.

1.6 Objetivos

Dentro deste contexto, o presente estudo teve como objetivos gerais e específicos:

OBJETIVOS GERAIS

Estudar a atuação da fisioterapia respiratória na obesidade e cirurgia bariátrica, por meio de testes específicos de avaliação da função pulmonar e técnicas fisioterapêuticas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os efeitos na função pulmonar da cirurgia bariátrica realizada por videolaparoscopia e laparotomia.
- Verificar se a fisioterapia respiratória, por meio do TMI, realizado no pré-operatório de cirurgia bariátrica aberta, é capaz de atenuar o impacto negativo do trauma cirúrgico na função pulmonar.
- Avaliar o efeito da perda de peso na função pulmonar de mulheres obesas, após 1 ano de realização da cirurgia bariátrica.

1.7 Estudos realizados

De acordo com a metodologia proposta, este estudo, que pode subsidiar a elaboração dessa tese, foi dividido em três etapas, cujos resultados se materializaram em artigos, publicados e/ou em fase de publicação, conforme consta nos anexos I, II e III, e apresentados a seguir:

PRIMEIRO ESTUDO

O primeiro estudo foi publicado no periódico *Obesity Surgery*, e teve como proposta comparar o impacto do trauma cirúrgico pós cirurgia bariátrica,

realizada por videolaparoscopia e laparotomia, nas variáveis de função pulmonar.

SEGUNDO ESTUDO

Baseado nos achados atuais, a proposta do segundo estudo, aceito para publicação no periódico *Clinics*, foi propor um programa de treinamento muscular respiratório, realizado no pré-operatório de cirurgia bariátrica por laparotomia, com o objetivo de averiguar a influência desse treinamento em atenuar os efeitos negativos do trauma cirúrgico à função pulmonar. Já que se trata de uma alternativa estudada em várias outras cirurgias de grande porte (torácicas e cardíacas), e ainda pouco em cirurgia bariátrica, além de ser a população de obesos considerada de maior risco para desenvolver CPP.

TERCEIRO ESTUDO

Adicionalmente, como alguns estudos têm sugerido que a perda de peso pode reverter muitas alterações da função pulmonar causadas pela obesidade (Dávila-Cervantes et al, 2002; El-Gamal et al, 2005), neste terceiro estudo, submetido ao periódico *Obesity: a research journal*, foi avaliada a função pulmonar de parte das voluntárias do primeiro e segundo estudo, após 1 ano da realização da cirurgia bariátrica, por meio da espirometria e manovacuometria.

2. Primeiro Estudo

CIRURGIA DE BYPASS GÁSTRICO EM Y DE ROUX COM ANEL NO TRATAMENTO DA OBESIDADE: EFEITOS DA LAPAROSCOPIA VERSUS LAPAROTOMIA NA FUNÇÃO PULMONAR

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.** *Obesity Surgery.* 2011; 21: 194-199. (ANEXO I)

CIRURGIA DE BYPASS GÁSTRICO EM Y DE ROUX COM ANEL NO TRATAMENTO DA OBESIDADE: EFEITOS DA LAPAROSCOPIA VERSUS LAPAROTOMIA NA FUNÇÃO PULMONAR

Resumo

Objetivo: Comparar os efeitos na função pulmonar da cirurgia de Bypass Gástrico em Y de Roux com anel realizada por laparoscopia ou laparotomia. **Métodos:** Foram estudadas 26 mulheres obesas (índice de massa corpórea (IMC) 35 a 49 kg/m²) candidatas à cirurgia de Bypass Gástrico em Y de Roux com anel realizadas por videolaparoscopia (GV, n=13) ou laparotomia (ou cirurgia aberta (GL), n=13). Foram excluídas pacientes fumantes, com doença respiratória e aquelas incapazes de realizar os testes de avaliação da função pulmonar de forma adequada. A fisioterapia foi realizada de forma padronizada para ambos os grupos. A avaliação respiratória foi realizada no período pré-operatório e no segundo dia de pós-operatório por meio da espirometria, da manovacuometria e da mobilidade diafragmática. A dor foi avaliada de forma subjetiva pela escala visual analógica no segundo dia de pós-operatório. A análise estatística foi realizada por meio de testes paramétricos e não paramétricos, dependendo da distribuição das variáveis, considerando como significante $p < 0,05$. **Resultados:** as pacientes foram semelhantes com relação à idade, IMC e índice cintura/quadril. Foi observada uma queda em todas as variáveis, nos dois grupos, no período pós-operatório. No entanto, essa queda foi menos acentuada no grupo GV. A intensidade da dor também foi menor no grupo GV. O tempo de internação hospitalar foi de 2 dias e não houve complicações pulmonares em nenhuma paciente. **Conclusão:** Apesar de não ter havido diferença na incidência de complicações pulmonares e no tempo de internação hospitalar entre os grupos, os resultados mostraram que a cirurgia de Bypass Gástrico em Y de Roux realizada por videolaparoscopia causou menos dor e menor prejuízo à função pulmonar no período pós-operatório.

Palavras-chave: Bypass Gástrico em Y de Roux, laparoscopia, laparotomia, função pulmonar

2.1 INTRODUÇÃO

A obesidade tem sido considerada uma epidemia mundial, diante do crescente número de obesos nos últimos anos. De acordo com dados recentes, há no mundo mais de um bilhão de adultos com excesso de peso, sendo que pelo menos 300 milhões deles sofrem de obesidade clínica (OMS, 2000). Sérios danos à saúde são causados pela obesidade, por esta se relacionar a várias comorbidades, tais como: hipertensão arterial sistêmica, *Diabetes Mellitus*, dislipidemia, entre outras (OMS, 2000).

Além disso, a obesidade também está relacionada a alterações da função pulmonar tais como: prejuízo da mecânica ventilatória, redução da força e endurance dos músculos respiratórios, dano à troca gasosa e ao controle da respiração, alterações nos testes de função pulmonar e redução da capacidade de exercício (Koenig, 2001). Essas alterações são causadas pelo grande depósito de gordura na região do tórax e abdômen dos obesos, que prejudica a movimentação do músculo diafragma, levando à redução do espaço intratorácico ocupado pelos pulmões (Koenig, 2001). Isso leva a redução da mobilidade diafragmática e da complacência pulmonar, e aumento da força de recolhimento elástico do pulmão, levando assim a redução dos volumes pulmonares e sobrecarga aos músculos inspiratórios (Koenig, 2001). Essas alterações são agravadas à medida que aumenta o índice de massa corpórea (IMC) (Jones e Nzekwu, 2006).

Nos casos de obesidade mórbida, a cirurgia tem sido recomendada como tratamento de escolha, já que o tratamento conservador é, na maioria das vezes, falho (OMS, 2000). A cirurgia de bypass gástrico em Y de Roux é, atualmente, o procedimento mais realizado em todo mundo para o tratamento

da obesidade grave (OMS, 2000 e Buchwald, 2005). Tal procedimento pode ser realizado por videolaparoscopia ou por laparotomia (Buchwald, 2005). Alguns autores atribuem vantagens à primeira em relação à segunda, tais como: ser um método menos invasivo, apresentar uma recuperação mais precoce, menor morbidade e mortalidade e menor tempo de internação hospitalar (Siddiqui, Livingston e Huerta, 2006 e Ricciardi et al 2006).

Por se tratar de indivíduos que já apresentam prejuízos à função pulmonar no período pré-operatório, a escolha da via de acesso cirúrgico em obesos deve também levar em consideração aquela técnica que tenha menor repercussão na função pulmonar, reduzindo assim o risco de aparecimento de complicações pulmonares no período pós-operatório.

O objetivo desse estudo foi comparar a repercussão na função pulmonar da cirurgia de bypass gástrico em Y de Roux com anel realizada por videolaparoscopia e por laparotomia. Um objetivo secundário foi comparar a incidência de complicações pulmonares pós-operatórias e o tempo de internação hospitalar entre os grupos.

2.2 MÉTODOS

Esse trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Meridional sob o protocolo 01/07. Após serem esclarecidas sobre os procedimentos da pesquisa, as pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, redigido conforme a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

2.2.1 Pacientes

Foram incluídas 26 mulheres obesas, candidatas à cirurgia bariátrica eletiva pela técnica de *bypass* gástrico em *Y de Roux* (Capella). As pacientes deveriam apresentar IMC entre 35 e 49,99 kg/m². Foram excluídas pacientes portadoras de doenças pulmonares prévias e tabagistas, aquelas incapazes de realizar os testes de avaliação da função pulmonar de maneira adequada e as que se recusaram a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Dentre as 26 pacientes avaliadas, 13 realizaram a cirurgia por videolaparoscopia (GV) e as outras 13 por laparotomia (GL). A eleição da via de acesso cirúrgico era dependente do contrato firmado entre a paciente e sua operadora de saúde. Os grupos foram semelhantes para idade (GV= 39,5 ± 10,8 vs GL= 38,9 ± 8,4 anos), IMC (GV= 39,7 ± 3,9 vs GL= 40,7 ± 4,3 kg/m²) e índice cintura/quadril (GV= 0,91 ± 0,08 vs GL= 0,88 ± 0,04), indicando a distribuição uniforme da amostra.

2.2.2 Testes de avaliação da função pulmonar

Volumes pulmonares

Para a avaliação dos volumes pulmonares foi realizada a espirometria utilizando um espirômetro computadorizado EasyOne™ Modelo 2001 (ndd Medizintechnik AG, Zurich, Switzerland). Foram solicitadas as manobras tradicionais da espirometria, a saber: Capacidade Vital Lenta (CVL), Capacidade Vital Forçada (CVF) e Ventilação Voluntária Máxima (VVM), realizadas nessa ordem e de acordo com normas da *American Thoracic Society* – ATS e *European Respiratory Society* – ERS (Miller et al, 2005). Cada manobra foi realizada até se conseguir pelo menos três testes aceitáveis e reprodutíveis e o maior valor foi computado para a análise. Os valores preditos

foram baseados na equação proposta por Pereira et al.(1992) para a população brasileira. Por meio da manobra da CVL obtivemos as variáveis: capacidade vital (CV), volume corrente (VC), volume de reserva inspiratório (VRI) e volume de reserva expiratório (VRE). Pela manobra da CVF avaliamos as variáveis: capacidade vital forçada (CVF) e volume expirado no primeiro segundo (VEF_1). A VVM está apresentada em valores absolutos (L/min) e em porcentagem do predito (Pereira et al 1992) (figura 1).



Figura 1 – Teste de espirometria

Força muscular respiratória

O teste de manovacuometria tem a função de avaliar a força muscular respiratória por meio da medida das pressões respiratórias estáticas máximas, medidas durante uma inspiração ou expiração máximas realizadas contra uma via aérea ocluída – $P_{I\max}$ e $P_{E\max}$. Para tanto, foi utilizado um manovacuômetro analógico, calibrado em cm de H_2O , da marca Wika®, escalonado em ± 300 cmH_2O , equipado com uma válvula de alívio da pressão

bucal. A técnica foi realizada como descrito por Black e Hyatt (1969). A manobra foi realizada partindo do volume residual (VR) para a medida da P_Imax e partindo da capacidade pulmonar total (CPT) para medida da P_Emax, sendo que o esforço deveria ser sustentado por no mínimo um segundo. Para realização das manobras as pacientes usaram um clipe nasal, e deveriam realizar três manobras tecnicamente aceitáveis, com pelo menos duas manobras reproduzíveis, sendo computado o maior dos valores para análise. Os valores de P_Imax e P_Emax também foram expressos em porcentagem do predito, de acordo com a equação proposta por Neder et al.(1999) (figura 2).



Figura 2 – Teste de Manovacuometria – P_Imax e P_Emax

Mobilidade Diafragmática

A mobilidade diafragmática foi avaliada por meio da radiografia de tórax, realizada na incidência pósterio-anterior (PA), com a paciente na posição ortostática, sendo uma radiografia realizada após uma inspiração máxima e outra radiografia após uma expiração máxima.

Para medida da mobilidade diafragmática as radiografias foram sobrepostas, alinhando-se os processos espinhosos das vértebras, e utilizando uma régua milimetrada, foi medida a distância do ponto mais alto da hemicúpula diafragmática da radiografia em expiração máxima e traçada uma linha longitudinal até sua intersecção com a hemicúpula diafragmática da radiografia em inspiração máxima. A medida da distância encontrada entre as hemicúpulas foi registrada em centímetros (cm) (Paulo et al, 1994 e Toledo et al, 2003) (figura 3).

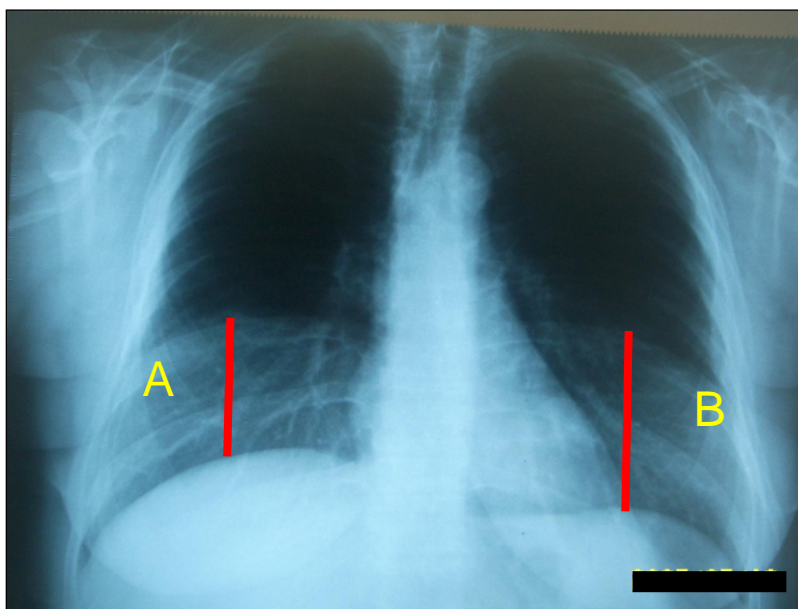


Figura 3 - Radiografia de tórax em inspiração sobreposta à radiografia em expiração, A: Avaliação da mobilidade da hemicúpula diafragmática D, B: Avaliação da hemicúpula diafragmática E

2.2.3 Procedimento experimental

No período pré-operatório foi realizada uma anamnese para investigar história de tabagismo, presença de doença pulmonar crônica ou sintomas respiratórios (tosse, secreção, dispnéia, dor torácica) e presença de outras comorbidades; coleta de dados antropométricos; além da realização dos testes de avaliação da função pulmonar descritos anteriormente. Todas as pacientes

foram orientadas quanto aos cuidados a serem tomados após a cirurgia, como a importância da tosse e deambulação precoce.

As pacientes foram reavaliadas no segundo dia de pós-operatório (D2). Foram realizadas a espirometria, a manovacuometria, além da radiografia de tórax para avaliar a mobilidade diafragmática.

As avaliações foram protocoladas e padronizadas para realização apenas no período da manhã, após o horário do analgésico prescrito pelo cirurgião. Também foi avaliada a dor, de maneira subjetiva, antes da realização dos testes, por meio de uma escala visual analógica (EVA). A escala varia de uma pontuação de 0 a 10, onde o zero representa ausência de dor e dez representa uma dor intensa.

Durante o período de internação hospitalar, as pacientes realizaram fisioterapia respiratória diariamente, iniciada a partir do dia da cirurgia. Cada sessão constava de respiração diafragmática, uso de inspirômetro de incentivo a fluxo (Respiron®), tosse assistida, exercícios circulatórios e deambulação precoce.

Foram consideradas complicações pulmonares no pós-operatório (CPP) (Pereira et al 1999, Akdur et al 2006):

- Pneumonia: Temperatura corporal $\geq 38^{\circ}$, tosse produtiva com expectoração purulenta, presença de infiltrado pulmonar na radiografia de tórax e leucocitose.

- Atelectasia com repercussão clínica: Imagem de área de atelectasia pulmonar na radiografia de tórax, associada à sinais de desconforto respiratório.

- Falência Respiratória: incapacidade aguda de realização das trocas gasosas e necessidade de suporte ventilatório mecânico.

2.2.4 Análise estatística

Após a avaliação da normalidade da amostra com o teste de *Shapiro-Wilk*, foi usado o teste *t* pareado para verificar a diferença entre pré e pós-operatório para as variáveis com distribuição normal e o teste de *Wilcoxon* para aquelas com distribuição não normal. Para comparação intergrupos foram usados os testes *t* não pareado e *Mann-Whitney* para as variáveis paramétricas e não paramétricas, respectivamente. Os dados foram processados no software *Biostat*® 4.0 e foi considerado nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Para as variáveis estudadas a amostra representa um *Power* $\geq 80\%$.

2.3 RESULTADOS

Nenhuma paciente apresentava, no pré-operatório, distúrbio ventilatório, estando todas as provas de função pulmonar dentro dos valores da normalidade.

A dor, avaliada por meio da EVA, foi estatisticamente menor no GV quando comparado ao GL ($1,92 \pm 1,70$ vs $3,23 \pm 1,92$; $p < 0,05$). No entanto, o tempo de internação para os dois grupos foi de 2 dias e nenhuma paciente apresentou complicação pulmonar no período pós-operatório imediato.

Houve uma queda nos valores das variáveis espirométricas avaliadas no 2º dia de pós-operatório. Porém, essa queda foi menos acentuada no GV, para a maioria das variáveis. Apenas o VC não apresentou queda significativa nos

grupos estudados. As variáveis CV, VRI, CVF, VEF₁ e VVM foram estatisticamente maiores no GV (tabela 2).

TABELA 2 – Média e desvio padrão das variáveis espirométricas dos Grupos Videolaparoscopia (GV) e Laparotomia (GL).

Variáveis	GV (n=13)			GL (n=13)		
	Pré-op	Pós-op	Dif Pré-Pos	Pré-op	Pós-op	Dif Pré-Pos
CV (L)	3,46 ±0,72	2,90 ±0,76**	-16%	3,10 ±0,67	2,05 ±0,39**¶	-34%
%CV	99,1 ±14,9	82,5 ±16,3**	-16%	92,4 ±13,7	61,4 ±9,7**¶	-34%
VC (L)	0,80 ±0,26	0,79 ±0,35 ^{ns}	-1%	0,69 ±0,24	0,59 ±0,18 ^{ns}	-14%
VRI (L)	2,15 ±0,50	1,82 ±0,49**	-15%	2,08 ±0,65	1,27 ±0,31**¶	-39%
VRE (L)	0,51 ±0,35	0,30 ±0,21**	-41%	0,33 ±0,22	0,23 ±0,16*	-30%
CVF (L)	3,46 ±0,71	2,92 ±0,72**	-16%	3,20 ±0,70	2,21 ±0,49**¶	-31%
%CVF	98,8 ±14,8	83,2 ±15,4**	-16%	94,8 ±13,8	66,2 ±13,9**¶	-31%
VEF ₁ (L)	2,77 ±0,61	2,36 ±0,64**	-15%	2,58 ±0,60	1,85 ±0,43**¶	-28%
% VEF ₁	93,6 ±14,6	79,0 ±15,1**	-15%	90,2 ±14,9	65,5 ±14,4**¶	-28%
VVM (L/min)	109,6 ±20,6	95,6 ±22,9*	-13%	109,1 ±21,5	77,1 ±20,7**¶	-29%
%VVM	103,0 ±16,7	89,8 ±20,5*	-13%	104,5 ±16,2	74,4 ±18,5**¶	-29%

CV: capacidade vital; %CV: % do predito da CV; VC: volume corrente; VRI: volume de reserva inspiratório; VRE: volume de reserva expiratório; CVF: capacidade vital forçada; %CVF: % do predito da CVF; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; %VEF₁: % do predito de VEF₁; VVM: ventilação voluntária máxima; %VVM: % do predito da VVM; Pré-op: pré-operatório; s-op: pós-operatório. (ns: não significativa; *p<0,05 e **p<0,01 – Pré vs Pós-operatório; ¶= p<0,05 – Videolaparoscopia vs Laparotomia)

Os valores de P_{lmax} e P_{Emax}, avaliados no 2º dia de pós-operatório, reduziram nos dois grupos. No entanto, a queda foi mais acentuada no GL, principalmente a queda evidenciada na medida da P_{Emax}. A P_{Emax} foi estatisticamente maior no GV (tabela 3).

TABELA 3 – Resultados do teste de manovacuometria para a avaliação da força muscular respiratória: médias e desvios padrão em centímetros de água (cmH₂O) da pressão inspiratória máxima (P_Imax), da pressão expiratória máxima (P_Emax), dos percentuais dos valores preditos para a P_Imax (%P_Imax) e para a P_Emax (%P_Emax), dos grupos videolaparoscopia (GV) e laparotomia (GL), com as diferenças (Dif) entre os valores expressos em termos percentuais.

	GV (n=13)			GL (n=13)		
	Pré	Pós	Dif	Pré	Pós	Dif
P_Imax	83,5±12,5	64,6±16,6**	-23%	92,3±25,2	58,5±23,8**	-37%
%P_Imax	91,7±12,7	71,2±19,2**	-23%	100,9±27,7	63,9±26,2**	-37%
P_Emax	105,4±25,4	76,9±25,9**	-27%	104,6±27,3	41,2±11,9**¶	-61%
%P_Emax	116,1±30,2	85,1±32,1 **	-27%	113,8±30,1	44,7±12,7**¶	-61%

Pré = pré-operatório; Pós = pós-operatório; Dif = diferença entre os valores pré-operatórios e pós-operatórios; ** = significância estatística das diferenças entre os valores pré-operatórios e pós-operatórios em um mesmo grupo ($p < 0,01$); Pré vs Pós-operatório (¶) = significância estatística das diferenças entre os valores pós-operatórios entre os dois grupos, GV versus GL ($p < 0,05$).

No grupo operado por laparotomia a mobilidade diafragmática nas hemicúpulas D e E foi acentuadamente reduzida no pós-operatório. Já no grupo que realizou a videolaparoscopia a hemicúpula D não apresentou diferença significativa entre o pré e pós-operatório e a mobilidade na hemicúpula E reduziu discretamente (tabela 4).

TABELA 4 – Média e desvio padrão da Mobilidade (Mob.) Diafragmática das hemicúpulas direita (D) e esquerda (E) dos Grupos Videolaparoscopia (GV) e Laparotomia (GL).

Variáveis	GV (n=13)			GL (n=13)		
	Pré-op	Pós-op	Dif Pré-Pos	Pré-op	Pós-op	Dif Pré-Pos
Mob Diafrag D (cm)	5,14 ±2,26	4,38 ±1,87 ^{ns}	-15%	4,53 ±1,82	2,50 ±0,91**¶	-45%
Mob Diafrag E (cm)	5,44 ±2,10	4,42 ±1,74*	-19%	4,78 ±1,93	3,05 ±1,09**¶	-36%

Pré-op: pré-operatório; Pós-op: pós-operatório. (ns: não significante; *= $p < 0,05$ e **= $p < 0,01$ – Pré vs Pós-operatório; ¶= $p < 0,05$ – Videolaparoscopia vs Laparotomia)

2.4 DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, evidenciou-se que a cirurgia bariátrica realizada por videolaparoscopia teve menor comprometimento da função pulmonar, do que quando realizada por laparotomia.

Baseado nos resultados apresentados na Tabela 2 observou-se que a maioria das variáveis espirométricas reduziram no período pós-operatório, para

os dois grupos, e essa redução foi menos acentuada no grupo que realizou a cirurgia por videolaparoscopia. Alguns autores, comparando cirurgia bariátrica realizada por videolaparoscopia e laparotomia também encontraram resultados semelhantes (Nguyen et al, 2001a; Olbers et al, 2003; Lawrence, Cornell e Smetana, 2006). Muitos fatores podem contribuir para o comprometimento da função pulmonar após a cirurgia bariátrica, tais como: o tamanho e local da incisão, a dor no pós-operatório, o nível de pressão intra-abdominal e a disfunção diafragmática, dentre outros (Nguyen et al, 2001a; Nguyen et al, 2001b; Lawrence, Cornell e Smetana, 2006).

Os resultados mostrados na Tabela 3 indicam que houve uma queda significativa da P_Imax e P_Emax em ambos os grupos no pós-operatório, porém mais acentuada no Grupo Laparotomia. Vassilakopoulos et al. (2000) e Paisani, Chiavegato e Faresin (2005) também verificaram queda nas pressões respiratórias estáticas máximas no pós-operatório imediato de cirurgia abdominal alta. Dávila-Cervantes et al. (2002), comparando a cirurgia bariátrica realizada por videolaparoscopia e laparotomia, evidenciaram que a força muscular respiratória foi menos afetada na primeira. Paisani, Chiavegato e Faresin (2005) avaliaram a força muscular respiratória na cirurgia bariátrica realizada por laparotomia e evidenciaram queda na P_Imax de 51%, 26%, e 14% nos 1º, 3º e 5º dias de pós-operatório, respectivamente e, 39%, 26% e 15% nos 1º, 3º e 5º dias de pós-operatório, respectivamente, da P_Emax. Como as pacientes estudadas foram reavaliadas apenas no 2º dia de pós-operatório, pôde-se constatar uma redução da P_Imax de 23% e 37% e da P_Emax de 27% e 61%, nos grupos Videolaparoscopia e Laparotomia, respectivamente (Tabela 3). Notou-se uma maior queda na medida da P_Emax, e esta mais acentuada no

Grupo Laparotomia. Como a medida da PEmax reflete a força da musculatura expiratória (Vassilakopoulos et al, 2000), representada pelos músculos abdominais, a maior incisão, necessária para a realização da laparotomia, pode justificar essa queda no grupo que realizou a cirurgia pela via de acesso em questão (Joris et al, 1998 e Lawrence, Cornell e Smetana 2006).

De forma semelhante, a mobilidade diafragmática avaliada por meio da radiografia de tórax, foi menos afetada no pós-operatório do Grupo Videolaparoscopia que no Grupo Laparotomia, como demonstrado na Tabela 4. Esses resultados também já foram evidenciados por outros autores que constataram que a redução da mobilidade diafragmática no pós-operatório de cirurgia abdominal e a disfunção diafragmática é secundária a inflamação local causada pelo trauma cirúrgico, por mecanismos reflexos de origem central e pela dor que reduz a mobilidade respiratória no local cirúrgico (Ayoub et al, 2001 e Berdah, Picaud e Jammes, 2002).

Nenhuma paciente apresentou complicação pulmonar com repercussão clínica e o tempo de internação foi de dois dias para todos os grupos, corroborando com o estudo de Dávila-Cervantes et al. (2002). Estes resultados estão também de acordo com os achados de Lawrence, Cornell e Smetana (2006), que publicaram uma revisão sistemática onde também não evidenciaram diferença na incidência de complicações pulmonares no pós-operatório de cirurgia abdominal realizada por videolaparoscopia e laparotomia. No entanto, observa-se que a dor foi estatisticamente maior no GL, fato que pode ter prejudicado o esforço máximo para a realização dos testes. Contudo, essa é uma situação real, que causa limitações funcionais respiratórias, dificultando esforços para a realização da respiração profunda ou a tosse,

prejudicando assim a ventilação e favorecendo o acúmulo de secreção pulmonar, aumentando o risco de complicações pulmonares no pós-operatório (Vassilakopoulos et al, 2000 e Overend et al, 2001). Entretanto, mesmo realizados em condições não tão favoráveis, os testes de avaliação da função pulmonar após cirurgia bariátrica podem repercutir o impacto da via de acesso cirúrgico na função respiratória de obesos no período pós-operatório, demonstrando o grau de comprometimento da função pulmonar naquele momento.

2.5 CONCLUSÃO

Apesar de não ter existido diferença na incidência de complicações pulmonares e no tempo de internação hospitalar entre os grupos, de acordo com os resultados pôde-se concluir que a cirurgia bariátrica realizada por videolaparoscopia causou menor dor e menor comprometimento da função pulmonar no período pós-operatório imediato. Este é um achado importante, que deve ser considerado em cirurgias abdominais realizadas em obesos, visto que os mesmos já apresentam prejuízos à função respiratória de base.

3. Segundo Estudo

Efeito do treinamento muscular inspiratório (TMI) no pré-operatório de mulheres obesas submetidas à cirurgia bariátrica aberta: força muscular respiratória, volumes pulmonares e mobilidade diafragmática

Barbalho-Moulim MC, Miguel GPS, Forti EMP, Campos FA, Costa D. **Effects of preoperative inspiratory muscle training (IMT) in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion.** Artigo aceito para publicação na Clinics (ISSN 1807-5932) em 16 de Junho de 2011. *(ANEXO II)*

Efeito do treinamento muscular inspiratório (TMI) no pré-operatório de mulheres obesas submetidas à cirurgia bariátrica aberta: força muscular respiratória, volumes pulmonares e mobilidade diafragmática

RESUMO

OBJETIVO: verificar se a fisioterapia respiratória, por meio do treinamento muscular inspiratório (TMI), realizada no pré-operatório de cirurgia bariátrica aberta, é capaz de atenuar o impacto negativo do trauma cirúrgico na força muscular respiratória, nos volumes pulmonares e na mobilidade diafragmática.

MÉTODOS: Trata-se de um ensaio clínico onde 32 mulheres obesas submetidas à cirurgia bariátrica aberta foram randomizadas em dois grupos: um grupo que realizou TMI no pré-operatório (grupo TMI - n=15) e outro que recebeu apenas o tratamento convencional (grupo controle - n=17). Foram realizados testes para avaliação da força muscular respiratória (pressão inspiratória máxima - PImax e pressão expiratória máxima - PEmax), dos volumes pulmonares e da mobilidade diafragmática antes do período de treinamento, após o período de treinamento e no primeiro dia de pós-operatório.

RESULTADOS: Após o período de treinamento houve um aumento significativo na PImax apenas no grupo TMI. A PEmax, os volumes pulmonares e a mobilidade diafragmática não foram influenciados pelo treinamento. No período pós-operatório, houve uma redução significativa na PImax nos dois grupos. No entanto, houve uma redução de 28% no grupo TMI, enquanto que no grupo controle foi de 47% ($p < 0,05$). A queda no pós-operatório da PEmax, volumes pulmonares e mobilidade diafragmática foi semelhante entre os grupos.

CONCLUSÃO: O TMI pré-operatório aumenta a força muscular inspiratória (PImax) e atenua o impacto negativo da cirurgia bariátrica aberta para essa variável, apesar de parecer não influenciar a PEmax, os volumes pulmonares e a mobilidade diafragmática.

Palavras-chave: treinamento muscular inspiratório, espirometria, diafragma, músculos respiratórios, cirurgia bariátrica e obesidade

3.1 INTRODUÇÃO

Pacientes submetidos à cirurgia bariátrica apresentam comprometimento da função pulmonar no período pós-operatório imediato (Barbalho-Moulim et al, 2011). Por se tratar de uma cirurgia abdominal alta, ocorrem alterações inerentes a esse procedimento, tais como: redução dos volumes pulmonares, aumento da frequência respiratória, disfunção da musculatura respiratória, prejuízo no controle da respiração e oxigenação, além de acúmulo de secreção pulmonar (Dronkers et al, 2008; Manzano et al, 2008; Kulkarni et al, 2010 e Barbalho-Moulim et al, 2011). Além disso, certos fatores como cirurgia aberta e obesidade parecem acentuar essas alterações (Eichenberger et al, 2002; Weller e Rosati, 2008; Smetana, 2009 e Barbalho-Moulim et al, 2011), chamando a atenção para a necessidade de explorar certos cuidados preventivos que possam atenuá-las, especialmente na fase pré-operatória.

É sabido que a disfunção dos músculos respiratórios, especialmente do músculo diafragma, causada pela cirurgia abdominal alta é a principal causa de complicações pulmonares no pós-operatório (CPP), tais como atelectasia e pneumonia (Laghi e Tobin, 2003). De acordo com dados da literatura, a disfunção do músculo diafragma após cirurgia abdominal se deve principalmente à inibição reflexa do nervo frênico causada pela manipulação visceral e à dor pós-operatória (Laghi e Tobin, 2003).

Com o objetivo de atenuar os efeitos negativos da cirurgia no pós-operatório, especialmente no que diz respeito à disfunção dos músculos respiratórios, alguns autores têm preconizado o treinamento muscular inspiratório (TMI) (Nomori et al, 1994; Hulzebos et al, 2006; Dronkers et al, 2008 e Kulkarni et al, 2010). Segundo Smetana (2009), o TMI pré-operatório

parece ser uma estratégia importante na prevenção de CPP e tem sido usado por alguns autores no pré-operatório de cirurgias torácicas, cardíacas e abdominais (Nomori et al, 1994; Hulzebos et al, 2006; Dronkers et al, 2008 e Kulkarni et al, 2010). Portanto é oportuno investigar o efeito do TMI, realizado no período pré-operatório, em pacientes obesos candidatos à cirurgia bariátrica aberta.

Sendo assim, a hipótese desse estudo foi de que o TMI realizado no período pré-operatório de cirurgia bariátrica aberta atenua os efeitos negativos da cirurgia na função pulmonar de pacientes obesos submetidos a esse procedimento, especialmente na função dos músculos respiratórios.

Para tanto, o objetivo desse estudo foi verificar se a fisioterapia respiratória, por meio do TMI, realizada no pré-operatório de cirurgia bariátrica aberta, é capaz de atenuar o impacto do trauma cirúrgico na força muscular respiratória, nos volumes pulmonares e na mobilidade diafragmática.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Pacientes

Trata-se de um ensaio clínico randomizado onde foram selecionadas pacientes obesas candidatas a cirurgia de *bypass* gástrico em *Y de Roux* aberta do serviço de cirurgia bariátrica do Hospital Meridional (Cariacica, ES, Brasil). Como critérios de inclusão foram adotados: gênero feminino, idade maior ou igual a 18 anos, ausência de hábito tabágico ou doença respiratória. Foram excluídas as pacientes que se recusaram a participar das etapas do protocolo de pesquisa, pacientes com história previa de cirurgia abdominal, aquelas incapazes de compreender e realizar os testes de maneira adequada e

as que se recusaram a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Meridional sob o protocolo 02-28/2009.

3.2.2 Avaliação da função pulmonar

Força muscular respiratória

Foi realizado o teste de manovacuometria que avalia a força muscular respiratória por meio da medida das pressões respiratórias estáticas máximas – P_Imax (pressão inspiratória máxima) e P_Emax (pressão expiratória máxima). Para tanto, foi utilizado um manovacômetro analógico calibrado em cmH₂O, da marca Wika® (São Paulo, Brasil), escalonado em ± 300 cmH₂O.

O teste foi realizado como preconizado pela *American Thoracic Society* (ATS) e *European Respiratory Society* (ERS) (2002), estando a paciente na posição sentada. A manobra foi realizada partindo do volume residual (VR) para a medida da P_Imax e partindo da capacidade pulmonar total (CPT) para medida da P_Emax. Foram realizadas três manobras tecnicamente aceitáveis, com pelo menos duas manobras reprodutíveis, sendo computado o maior dos valores para análise (figura 4).



Figura 4 – Teste de Manovacuometria – P_Imax e P_Emax

Volumes pulmonares

Para avaliação dos volumes pulmonares foi realizada a espirometria por meio do espirômetro computadorizado, ultrasônico da marca EasyOne™ Modelo 2001 (ndd Medizintechnik AG, Zurich, Switzerland) e executado as seguintes manobras: capacidade vital lenta (CVL) , capacidade vital forçada (CVF) e ventilação voluntária máxima (VVM), atendendo às normas da *American Thoracic Society (ATS)* e *European Respiratory Society (ERS)* (Miller et al, 2005). Os valores de referência foram calculados de acordo com a equação preconizada para população brasileira (Pereira, Sato e Rodrigues, 2007) (figura 5).



Figura 5 – Teste de espirometria

Mobilidade diafragmática

A avaliação da mobilidade diafragmática foi realizada por meio da radiografia de tórax realizada na incidência pósterio-anterior (PA).

As pacientes foram colocadas na posição ortostática, e foram realizadas duas exposições radiográficas no mesmo filme. A primeira ao final de uma inspiração máxima, buscando-se o maior volume pulmonar inspirado (CPT – capacidade pulmonar total), e a segunda, sem mudar o posicionamento do filme ou da paciente, em expiração profunda, buscando-se o máximo esvaziamento dos pulmões (VR – volume residual).

Utilizando-se a imagem digitalizada da radiografia em PA, foi calculada a distância entre o ponto mais alto da cúpula em expiração e a cúpula em inspiração (eixo) e a medida da área em cm^2 formada pelas cúpulas diafragmáticas em inspiração e expiração totais, tanto direita quanto esquerda. Para o cálculo do eixo e da área, foi usado um *software* especializado (UTHSCSA – Image Tool for Windows, versão 1.28) (Fernandes et al, 2007).

As imagens foram analisadas pelo mesmo radiologista, que desconhecia a qual grupo cada paciente pertencia (figura 6 e 7).

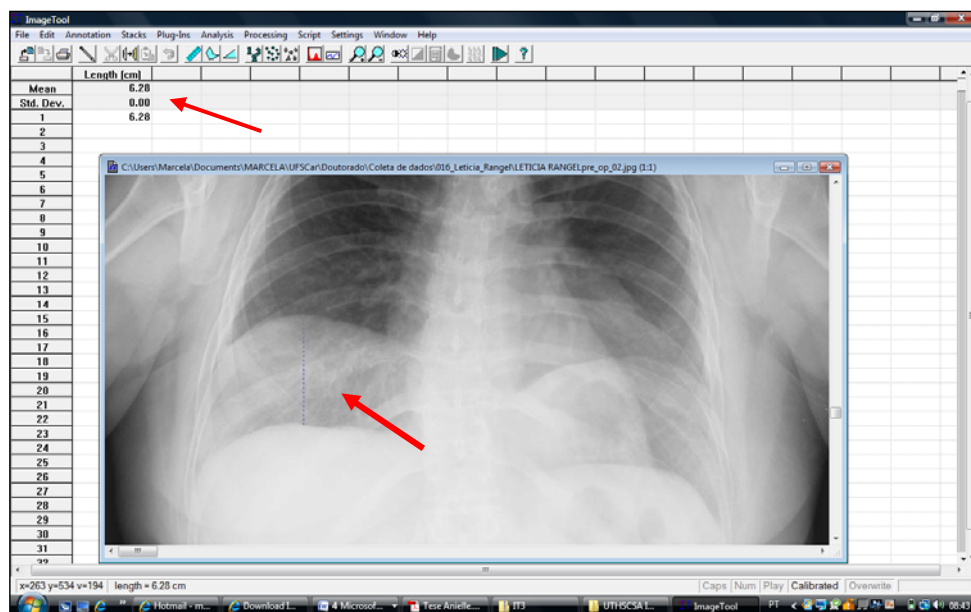


Figura 6 – Cálculo da mobilidade diafragmática – Eixo hemicúpula direita (D)

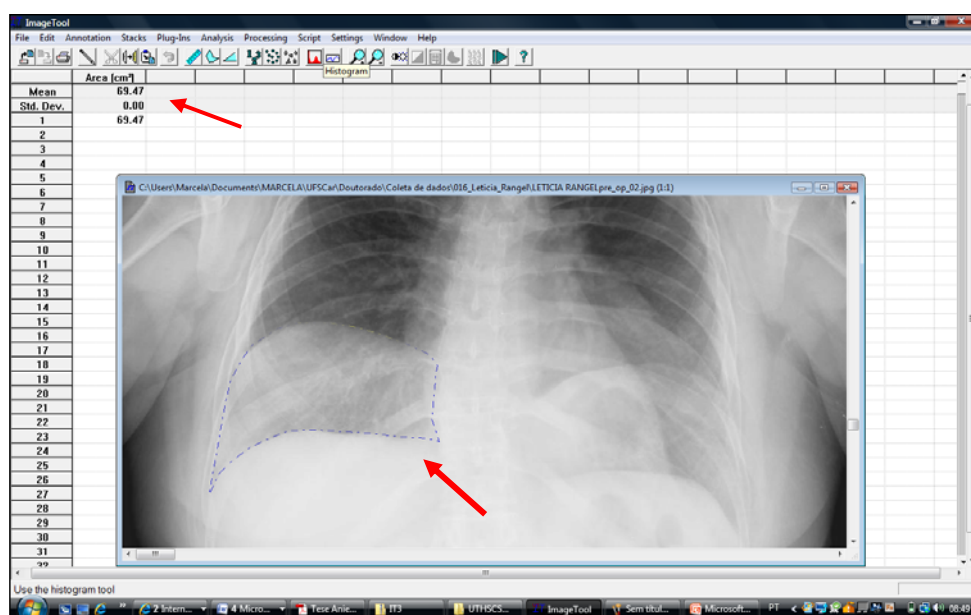


Figura 7 – Cálculo da mobilidade diafragmática – Área hemicúpula direita (D)

3.2.3 Protocolo de intervenção

Avaliação Pré-operatória (T1)

Na primeira avaliação as pacientes foram esclarecidas sobre o protocolo de pesquisa, solicitadas a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido

(TCLE) e em seguida randomizadas, por meio de sorteio de envelopes selados, em grupo TMI e grupo controle. Além disso, foram coletados dados como: nome, idade, sexo, peso, altura, índice cintura/quadril, história de tabagismo, presença de doença pulmonar crônica ou sintomas respiratórios (tosse, secreção, dispnéia, dor torácica) e presença de outras comorbidades. Adicionalmente, também foram realizados os testes para avaliar a força muscular respiratória, a espirometria e a mobilidade diafragmática.

Protocolo de treinamento e avaliação pós-treinamento (T2)

No grupo TMI foi realizado treinamento muscular inspiratório de 2-4 semanas antes da cirurgia (o grupo TMI treinou em média $3,03 \pm 0,87$ semanas). Para realização do treinamento as pacientes foram colocadas na posição de semi *Fowler* (30°), foi utilizado o Threshold[®] IMT (Respironics, Pittsburgh, PA, USA) e o programa consistia em 1 sessão diária, com duração de 15 minutos, 6 vezes por semana, sendo 2 vezes supervisionada pelo fisioterapeuta e as outras 4 vezes sem supervisão. A carga inicial foi calculada em 30% da P_{Imax}, mensurada na avaliação pré-operatória e re-calculada após uma nova medida desta variável a cada visita ao fisioterapeuta. A metodologia do treinamento foi baseada nos estudos de Hulzebos et al (2006) e Dronkers et al (2008). A média de treinamento no grupo TMI foram de $3,03 \pm 0,87$ semanas.

No grupo controle (GC) as pacientes não receberam intervenção no período pré-operatório.

As pacientes de ambos os grupos foram reavaliadas de 2 a 3 dias antes da cirurgia, na qual foram realizados os mesmos testes do pré-operatório, e

foram orientadas quanto aos cuidados a serem tomados após a cirurgia, quanto à importância da tosse e deambulação precoce.

Avaliação pós-operatória (T3)

As pacientes foram reavaliadas no primeiro dia de pós-operatório (D1) com os mesmos testes realizados no pré-operatório, e foram acompanhadas até o dia da alta hospitalar.

As avaliações foram realizadas por um único examinador, tanto no período pré (T1 e T2) quanto no pós-operatório (T3), para que não houvessem diferenças de mensuração devido ao diferente comando verbal.

As avaliações foram protocoladas para realização apenas no período da tarde, após o horário do analgésico prescrito pelo médico, sendo também avaliada a dor de maneira subjetiva, por meio de uma escala visual analógica (EVA), com o objetivo de certificar que a paciente encontrava-se sem dor ou com dor mínima para que esta não atrapalhasse a realização dos testes. A EVA varia de 0 a 10 onde 0 representa ausência de dor e 10 dor intensa.

Todas as pacientes receberam fisioterapia no pós-operatório, iniciada no dia da cirurgia (D0), de forma padronizada e equivalente para os dois grupos, que consistiu em: exercícios respiratórios (respiração diafragmática, inspiração fracionada e inspirometria de incentivo a fluxo), auxílio à tosse e deambulação precoce.

Foram consideradas como CPP: atelectasia com repercussão clínica, pneumonia, falência respiratória (MacAlister et al, 2005).

3.2.4 Análise estatística

Para o cálculo do tamanho da amostra foi considerada como variável o delta de variação percentual da P_{Imax} entre a avaliação pré-operatória (T1) e a

avaliação pós-operatória (T3) dos grupos TMI e controle, e usado o teste t para amostras independentes, a partir de dados coletados de um estudo piloto com 5 pacientes em cada grupo. Considerando o *power* de 80% e nível de significância de 5% foi encontrado um valor de 16 voluntários para cada grupo.

Para o cálculo da normalidade foi usado o teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, para análise dos dados referentes ao perfil da amostra (tabela 5) e dados da cirurgia (tabela 6) foram usados o teste T para amostras independentes para as variáveis com distribuição normal, o teste de Mann-Whitney para as variáveis de distribuição não normal e o teste de qui-quadrado para as variáveis nominais.

Para análise das variáveis do estudo, foi usada a ANOVA para medidas repetidas com teste *post-hoc* de Bonferroni para comparação das 3 avaliações (T1, T2 e T3) nos dois grupos (tabela 7).

Além disso, foi comparada o delta de variação percentual das avaliações T1 X T2 e T1 X T3, entre os grupos TMI e controle usando o teste t para amostras independentes (tabela 7).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Características da amostra

Foram avaliadas 65 pacientes, candidatas a cirurgia bariátrica eletiva aberta, com idade variando de 21 a 52 anos e IMC de 35 a 53 kg/m². Dessas, 33 foram excluídas: 06 por optarem por realizar a cirurgia por videolaparoscopia, 02 por não conseguirem realizar os testes de maneira adequada, 01 por já ter realizado cirurgia abdominal prévia e 24 por não participarem de todas as etapas da pesquisa (Figura 8).

Sendo assim, foram analisados os dados de 32 pacientes. O grupo TMI foi formado por 15 pacientes e o grupo controle por 17. Não houve diferença estatística entre os grupos com relação às variáveis idade, IMC e presença de comorbidades. Houve diferença estatística significativa apenas para a variável índice cintura/quadril (Tabela 5).

TABELA 5 - Perfil da amostra: Idade, IMC, Índice C/Q e comorbidades dos grupos TMI e controle

Variável	Grupo TMI (n=15)	Grupo Controle (n=17)	
Idade (anos)	36,13 ± 8,12	34,8 ± 9,47	p= 0,679
IMC (kg/m ²)	41,55 ± 4,74	42,10 ± 2,98	p= 0,745
Índice C/Q	0,96 ± 0,09	0,89 ± 0,07	p= 0,025*
HAS	9	7	p= 0,287
DM	3	3	p= 0,864
Dislipidemia	2	2	p= 0,893

IMC: Índice de massa corpórea; Índice C/Q: índice cintura/quadril; HAS: hipertensão arterial sistêmica; DM: diabetes mellitus

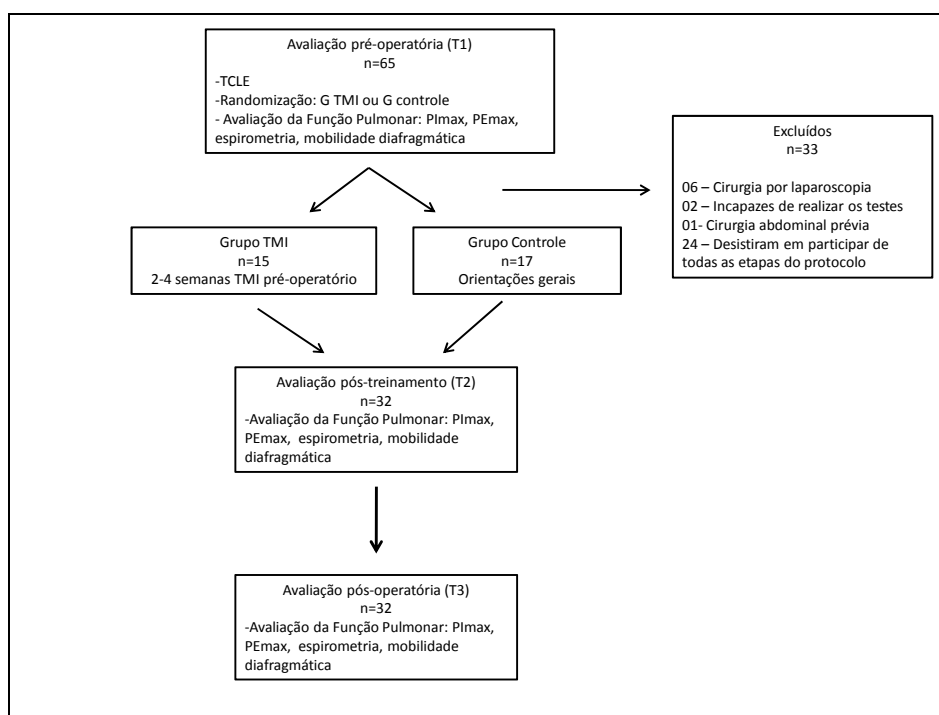


Figura 8 – Fluxograma dos participantes do estudo.

3.3.2 Dados da cirurgia

A técnica cirúrgica realizada foi o *bypass* gástrico em Y de Roux por via aberta, e todas foram realizadas pelo mesmo cirurgião. O tempo de anestesia variou de 120 a 240 minutos e não houve diferença estatística significativa entre os grupos (Tabela 6).

A maioria das pacientes permaneceu internada no hospital por 2 dias, com exceção de duas pacientes do grupo controle que necessitaram permanecer mais 1 dia internadas sendo uma por dificuldade de aceitação da dieta e a outra por dor abdominal e náuseas (Tabela 6).

Não houve diferença estatística significativa com relação à sensação subjetiva de dor avaliada pela EVA entre os grupos. Nenhuma das pacientes estudadas apresentou complicações respiratórias com repercussões clínicas no pós-operatório. No entanto, 5 (33%) pacientes do grupo TMI e 7 (41%) pacientes do grupo controle apresentaram atelectasia subclínica (Tabela 6).

TABELA 6 - Dados da Cirurgia: tempo de anestesia, tempo de internação hospitalar, EVA e atelectasia subclínica.

Variável	Grupo TMI (n=15)	Grupo Controle (n=17)	
Tempo de anestesia (min)	185,33 ± 28,06	176,47 ± 23,89	p= 0,342
Tempo de internação (dias)	2 ± 0,0	2,11 ± 0,33	p= 0,571
EVA	4,46 ± 1,30	4,35 ± 1,62	p= 0,829
Atelectasia subclínica	5 (33%)	7 (41%)	p= 0,623

EVA: escala visual analógica de dor.

3.3.3 Variáveis avaliadas

Força Muscular Respiratória

A partir dos dados da tabela 7, pode-se observar que na avaliação pré-operatória (T1), antes do período de intervenção, os grupos foram semelhantes

com relação às variáveis PI_{max} e PE_{max} , o que demonstra a homogeneidade da amostra estudada.

Após o período de treinamento a que foi submetido o grupo TMI, foi observado um aumento estatisticamente significativo da PI_{max} , o que não aconteceu com o grupo controle. Já com relação à PE_{max} , houve um discreto aumento após o período treinamento, observado nos dois grupos, discretamente maior no grupo TMI, porém sem significância estatística para ambos (Tabela 7).

TABELA 7 - Valores de força muscular respiratória, espirometria e mobilidade diafragmática dos grupos TMI e controle

Variável	Grupo TMI (n=15)					Grupo Controle (n=17)				
	Pré-operatório (T1)	Pós-treinamento (T2)	% Δ T1 X T2	Pós-operatório (T3)	% Δ T1 X T3	Pré-operatório (T1)	Pós-treinamento (T2)	% Δ T1 X T2	Pós-operatório (T3)	% Δ T1 X T3
PI _{max} (cmH ₂ O)	93,33 ± 23,80	120,00 ± 20,35 [*]	↑ 33 % [*]	63,34 ± 21,60 [§]	↓ 28% [§]	92,94 ± 18,63	91,76 ± 20,38 ^{ns}	↓ 1%	48,82 ± 19,32 [§]	↓ 47% ^{§#}
PE _{max} (cmH ₂ O)	117,33 ± 34,53	142,66 ± 28,90 ^{ns}	↑ 26%	49,66 ± 22,71 [§]	↓ 56% [§]	116,47 ± 32,39	135,29 ± 34,11 ^{ns}	↑ 19%	49,70 ± 22,39 [§]	↓ 55% [§]
CV (L)	3,22 ± 0,27	3,17 ± 0,31	↓ 1.5%	2,07 ± 0,52 [§]	↓ 35%	3,22 ± 0,54	3,29 ± 0,48	↑ 1.5%	1,95 ± 0,46 [§]	↓ 39%
%CV	90,66 ± 7,84	89,53 ± 8,47		58,66 ± 15,55 [§]		88,52 ± 8,66	90,94 ± 7,28		54,17 ± 12,43 [§]	
VC (L)	0,93 ± 0,34	0,90 ± 0,29	↓ 3%	0,65 ± 0,21	↓ 23%	0,79 ± 0,27	0,80 ± 0,32	↑ 1%	0,58 ± 0,19	↓ 23%
VRI (L)	1,78 ± 0,47	1,74 ± 0,43	↓ 2%	1,11 ± 0,27 [§]	↓ 37%	1,83 ± 0,52	1,77 ± 0,58	↓ 4%	1,08 ± 0,36 [§]	↓ 41%
VRE (L)	0,50 ± 0,20	0,53 ± 0,19	↑ 6%	0,33 ± 0,19	↓ 30%	0,57 ± 0,28	0,68 ± 0,24	↑ 19%	0,28 ± 0,15 [§]	↓ 50%
CVF (L)	3,20 ± 0,26	3,16 ± 0,29	↓ 1%	2,14 ± 0,52 [§]	↓ 33%	3,32 ± 0,50	3,35 ± 0,49	↑ 1%	2,02 ± 0,49 [§]	↓ 39%
%CVF	90,26 ± 7,29	89,01 ± 7,06		60,20 ± 14,43 [§]		90,17 ± 8,20	91,01 ± 8,52		55,58 ± 12,52 [§]	
VEF ₁ (L)	2,71 ± 0,21	2,64 ± 0,24	↓ 3%	1,77 ± 0,47 [§]	↓ 35%	2,80 ± 0,43	2,81 ± 0,40	↑ 0.4%	1,71 ± 0,42 [§]	↓ 39%
%VEF ₁	91,93 ± 7,41	89,53 ± 6,78		60,06 ± 15,69 [§]		91,52 ± 7,18	92,23 ± 7,98		56,41 ± 13,42 [§]	
VVM (L/min)	108,55 ± 19,90	102,32 ± 20,65	↓ 6%	73,71 ± 21,16 [§]	↓ 32%	107,89 ± 16,13	107,61 ± 17,91	↓ 0.3%	71,69 ± 19,32 [§]	↓ 33%
%VVM	76,33 ± 11,38	72,13 ± 13,03		52,73 ± 18,96 [§]		76,41 ± 11,43	76,41 ± 11,95		51,47 ± 14,03 [§]	
Eixo hemicúpula D (cm)	4,80 ± 1,34	4,51 ± 1,47	↓ 6%	2,69 ± 1,09 [§]	↓ 44%	4,66 ± 1,36	4,48 ± 1,59	↓ 4%	2,28 ± 1,01 [§]	↓ 51%
Eixo hemicúpula E (cm)	4,77 ± 1,40	4,42 ± 1,44	↓ 7%	2,70 ± 1,20 [§]	↓ 43%	4,77 ± 1,18	4,80 ± 1,38	↑ 0.6%	2,43 ± 1,20 [§]	↓ 49%
Área hemicúpula D (cm ²)	51,46 ± 19,62	49,82 ± 20,89	↓ 1%	28,74 ± 13,33 [§]	↓ 44%	47,51 ± 15,42	48,16 ± 17,77	↑ 3%	24,48 ± 12,37 [§]	↓ 47%
Área hemicúpula E (cm ²)	49,66 ± 21,14	47,31 ± 19,45	↓ 4%	28,28 ± 13,32 [§]	↓ 43%	47,38 ± 14,89	50,43 ± 16,21	↑ 6%	24,10 ± 12,66 [§]	↓ 49%

PI_{max}: pressão inspiratória máxima; PE_{max}: pressão expiratória máxima; CV: capacidade vital; %CV: percentual do predito da capacidade vital; VC: volume corrente; VRI: volume de reserva inspiratório; VRE: volume de reserva expiratório; CVF: capacidade vital forçada; %CVF: percentual do predito da capacidade vital forçada; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; %VEF₁: percentual do predito do volume expiratório forçado no primeiro segundo; VVM: ventilação voluntária máxima; %VVM: percentual do predito da ventilação voluntária máxima; ns: não significante; *Diferença entre T1 e T2 – p<0.05; §Diferença entre T1 e T3 – p<0.05; #Diferença entre T3 Grupo TMI e T3 Grupo Controle.

No período pós-operatório houve queda, com significância estatística, da P_{lmax} e P_E_{max} em ambos os grupos. Quando comparados os valores absolutos da P_{lmax} no pós-operatório (T3) entre os grupos TMI e controle, não foi encontrado diferença estatística significativa. No entanto, quando comparado a diferença percentual (T1 x T3), pôde-se observar uma queda de 28% no grupo TMI, enquanto que no grupo controle foi de 47%, sendo essa diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$). Com relação à P_E_{max}, a queda observada no pós-operatório foi semelhante para os grupos (tabela 7).

Os gráficos demonstrados nas figuras 9 e 10 mostram o comportamento das variáveis P_{lmax} e P_E_{max} nas três avaliações dos grupos TMI e controle.

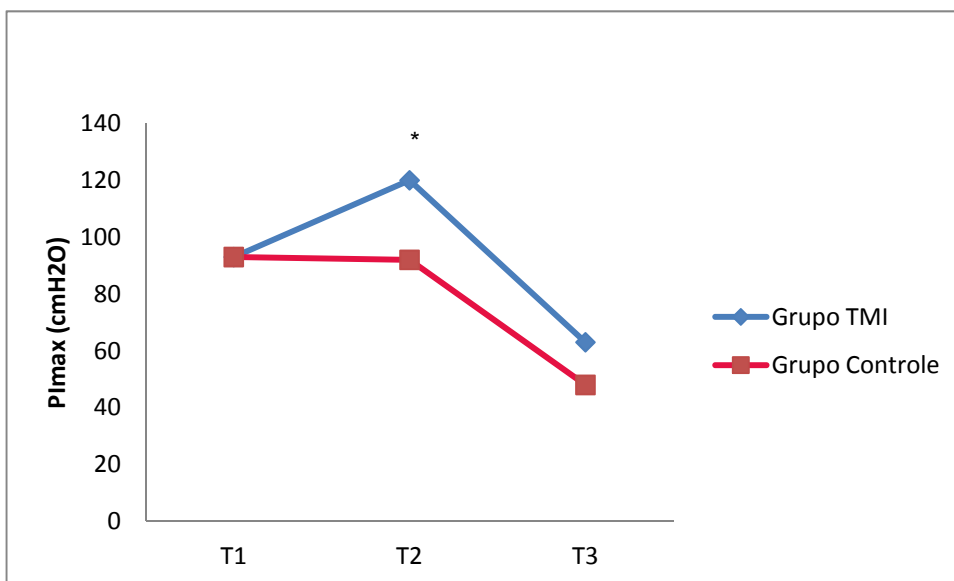


Figura 9 – Gráfico do comportamento da P_{lmax} nas avaliações T1, T2 e T3 dos grupos TMI e controle

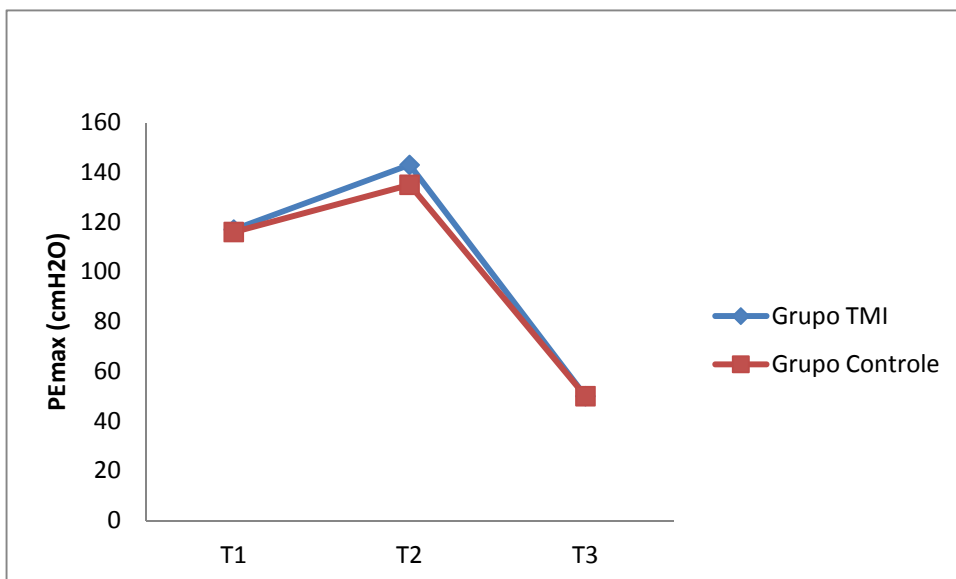


Figura 10 – Gráfico do comportamento da PEmax nas avaliações T1, T2 e T3 dos grupos TMI e controle

A figura 11 mostra o gráfico com o delta da diferença percentual da PImax entre o pré-operatório (T1) e pós-operatório (T3) dos grupos TMI e controle. Sendo que, quanto mais próximo de zero, significa menor variação entre o pré e pós-operatório.

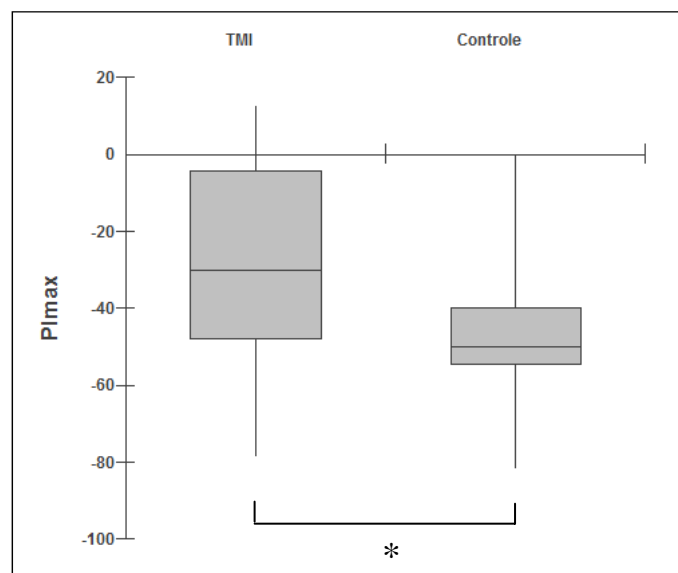


Figura 11 – Gráfico do delta de variação percentual da PImax entre o pré-operatório (T1) e pós-operatório (T3), dos grupos TMI e controle. * - $p < 0.05$

Espirometria

Como descrito na tabela 7, na avaliação pré-operatória (T1), antes do período de intervenção, os grupos foram semelhantes com relação às variáveis espirométricas: CV, VC, VRI, VRE, CVF, VEF₁ e VVM, o que demonstra a homogeneidade da amostra estudada.

Não foram observadas alterações das variáveis espirométricas após o período do treinamento (tabela 7).

No período pós-operatório houve queda, com significância estatística, das variáveis CV, VRI, CVF, VEF₁, VVM em ambos os grupos. O VRE se manteve sem alteração estatisticamente significativa apenas no grupo TMI. O volume corrente não reduziu no pós-operatório em ambos os grupos (tabela 7).

Mobilidade Diafragmática

Na primeira avaliação (T1), no pré-operatório antes do período de intervenção, os grupos TMI e controle foram semelhantes para as medidas da mobilidade diafragmática, o que demonstra a homogeneidade da amostra (tabela 7).

As medidas de mobilidade diafragmática não sofreram alterações estatisticamente significantes com o treinamento (tabela 7).

No período pós-operatório houve redução, com significância estatística, das medidas da mobilidade diafragmática em ambos os grupos. Considerando os valores numéricos, pareceu haver uma tendência sugerindo que essa redução foi menor no grupo TMI, no entanto essa diferença não apresentou significância estatística (tabela 7).

3.4 DISCUSSÃO

Baseado nos resultados apresentados, pôde-se observar que o TMI realizado em mulheres obesas no pré-operatório de cirurgia bariátrica aberta atenua os efeitos negativos da cirurgia na força muscular inspiratória avaliada pela P_Imax no pós-operatório imediato. No entanto, o TMI não influenciou os valores de volumes pulmonares avaliados pela espirometria e da mobilidade diafragmática. Fato esse, que mostra a especificidade da resposta ao treinamento proposto.

Outros autores também verificaram que o TMI, realizado com no mínimo 2 semanas no pré-operatório de cirurgia abdominal alta, atenua os efeitos negativos da cirurgia na P_Imax (Dronkers et al, 2008 e Kulkarni et al, 2010). No estudo de Kulkarni et al (2010), a P_Imax não reduziu no pós-operatório no grupo TMI. No presente estudo a P_Imax reduziu no pós-operatório nos dois grupos, no entanto essa queda foi menor no grupo TMI. Isso pode ser justificado porque no protocolo de treinamento desse estudo as pacientes treinavam por 15 minutos 1 vez ao dia, enquanto que naquele estudo (Kulkarni et al, 2010), treinavam 2 vezes por dia. Adicionalmente, no estudo de Kulkarni et al (2010), além de ser incluída cirurgia aberta, foi também incluída a videolaparoscópica, e os autores não mencionaram se haviam pacientes obesos, isso pode ter contribuído para diminuir o impacto da cirurgia na P_Imax.

Barbalho-Moulim et al (2011) comparam os efeitos na função pulmonar da cirurgia bariátrica realizada por videolaparoscopia e aberta, sem qualquer treinamento específico, e encontraram queda da P_Imax de 23% no pós-operatório por videolaparoscopia e 37% na aberta. No presente estudo, foi observado que 7 pacientes do grupo TMI e apenas 1 do grupo controle apresentaram queda menor ou igual a 23% ($p < 0,05$). Sugerindo que o TMI no

pré-operatório de cirurgia bariátrica aberta pode tornar equivalente o valor da P_{lmax} à cirurgia por videolaparoscopia.

Com relação à P_Emax foi observado que o TMI não atenuou os efeitos negativos da cirurgia no pós-operatório. Isto pode ser devido à incisão cirúrgica, que causa trauma direto à musculatura abdominal prejudicando a função desses músculos (Barbalho-Moulim et al, 2011). Nas pacientes avaliadas a P_Emax reduziu 56 e 55%, nos grupos TMI e controle, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos avaliados por Barbalho-Moulim et al (2011), onde a P_Emax reduziu 61% na cirurgia aberta, enquanto que a cirurgia por videolaparoscopia, onde ocorre menor trauma à musculatura abdominal, a queda foi de 27%.

De acordo com dados da literatura, a disfunção da musculatura respiratória, apontada como a principal causa de CPP (Lagui e Tobin, 2003 e Kulkarni et al, 2010), pode gerar colapso alveolar, contribuindo para a formação de atelectasias, que podem resultar em infecções pulmonares (Nguyen et al, 2001a). Sendo assim, o TMI parece ser uma alternativa para prevenção dessas complicações (Hulzebos et al, 2006; Dronkers et al, 2008; Smetana, 2009 e Kulkarni et al, 2010). No presente estudo não houve CPP com repercussão clínica em nenhum grupo. Isso pode ser atribuído ao fato de que apesar de serem pacientes com fatores de risco para esse tipo de complicação: obesidade, cirurgia abdominal alta aberta e tempo de anestesia maior que 180 minutos (Smetana, 2009); as mesmas eram jovens, sem doenças respiratórias crônicas, sem limitação funcional e realizaram fisioterapia no pós-operatório. Para testar esta hipótese, mais estudos são necessários avaliando-se pacientes submetidos à cirurgia bariátrica aberta com outros fatores de risco

associados: idade maior que 60 anos, tabagismo ou doença pulmonar crônica (Smetana, 2009). No entanto, 5 (33%) pacientes do grupo TMI e 7 (41%) pacientes do grupo controle apresentaram atelectasia subclínica, contudo, essa diferença não foi estatisticamente significativa. É provável, que para essa variável, seja necessário um estudo com amostras maiores.

Os volumes pulmonares não alteraram com o treinamento e reduziram de maneira semelhante em ambos os grupos no pós-operatório, mostrando que o TMI não influenciou essas variáveis. Resultados similares foram encontrados no estudo de Dronkers et al (2008) que, apesar do TMI melhorar a P_Imax, não afetou os valores da capacidade vital.

Considerando que a resposta obtida é relacionada ao tipo de treinamento oferecido (especificidade do treinamento), seria de se esperar que o treinamento visando aumento de volumes pulmonares, como com as técnicas de reexpansão pulmonar, alteraria os valores avaliados pela espirometria. No entanto, Kulkarni et al (2010) e Cattano et al (2010), que realizaram treinamento pré-operatório com inspirometria de incentivo e padrões ventilatórios, observaram que esse tipo de intervenção não influencia os volumes pulmonares no período pós-operatório.

De acordo com os resultados, não houve aumento da mobilidade diafragmática após o período de treinamento. Por se tratar de uma população de obesos, as pacientes apresentavam uma restrição mecânica à mobilidade diafragmática causada pelo depósito de tecido adiposo no abdômen que pressiona a caixa torácica e causa uma distensão excessiva ao músculo diafragma, gerando desvantagem mecânica a esse músculo, com conseqüente redução da sua força e eficiência (Koenig, 2001). Sendo assim, como a

obesidade não é atenuada com o treinamento, o efeito deste na mobilidade diafragmática dessa população é limitado.

O impacto da cirurgia na mobilidade diafragmática foi discretamente menor no grupo TMI, porém sem significância estatística. A redução da mobilidade do músculo diafragma no pós-operatório de cirurgia bariátrica aberta já foi relatada por estes autores (Barbalho-Moulim et al, 2011). Essa redução acontece porque a cirurgia prejudica a complacência do abdômen e aumenta a pressão intra-abdominal (Nguyen et al, 2001b), além de inibir a ação do músculo diafragma por mecanismos reflexos (Berdah, Picaud e James, 2002 e Soo et al, 2010), que associado à mecânica pulmonar prejudicada devido à obesidade, diminui bastante sua mobilidade (Koenig, 2001). Não foi encontrado nenhum estudo com TMI pré-operatório de cirurgia bariátrica, que avalie a mobilidade diafragmática para comparar os resultados. No entanto, pode ser que seja necessário um treinamento mais intensivo (maior duração ou frequência) e/ou com diferentes cargas, para que o TMI exerça algum efeito sobre essa variável. Além disso, é provável que para indivíduos não obesos o TMI tenha melhores resultados, já que estes não apresentam uma restrição mecânica à mobilidade diafragmática.

3.5 CONCLUSÃO

A fisioterapia, por meio do TMI no pré-operatório, aumentou a força muscular inspiratória (P_Imax) e atenuou os efeitos negativos da cirurgia bariátrica aberta no pós-operatório de mulheres obesas para essa variável, apesar de não influenciar os volumes pulmonares e a mobilidade diafragmática. No entanto, mais estudos são necessários, com diferentes protocolos, para se

avaliar o efeito do TMI na prevenção da disfunção diafragmática no pós-operatório de cirurgia bariátrica aberta.

4. Terceiro Estudo

FUNÇÃO PULMONAR APÓS PERDA DE PESO EM MULHERES OBESAS SUBMETIDAS AO BYPASS GÁSTRICO EM Y-DE-ROUX: 1 ANO DE FOLLOW UP.

Costa D, Barbalho-Moulim MC, Miguel GPS, Forti EMP, Campos FA. **Pulmonary function after weight loss in obese women undergoing Roux-en-Y gastric bypass: one year follow up.** Artigo submetido à *Obesity: a research journal* (Anexo III).

FUNÇÃO PULMONAR APÓS PERDA DE PESO EM MULHERES OBESAS SUBMETIDAS AO BYPASS GÁSTRICO EM Y-DE-ROUX: 1 ANO DE FOLLOW UP

RESUMO

OBJETIVO: Avaliar o efeito da perda de peso na função pulmonar de mulheres obesas, após 1 ano de realização da cirurgia bariátrica, por meio da avaliação dos volumes pulmonares e força muscular respiratória.

MÉTODOS: Trata-se de um estudo prospectivo longitudinal envolvendo mulheres obesas candidatas à cirurgia bariátrica pela técnica de bypass gástrico em Y de Roux. A avaliação da função pulmonar foi realizada durante o período pré-operatório e 1 ano após a cirurgia, por meio dos testes de espirometria e manovacuometria (P_{lmax} – pressão inspiratória máxima e P_Emax – pressão expiratória máxima).

RESULTADOS: Quatorze pacientes, com idade de $42,6 \pm 14,4$ anos e índice de massa corpórea (IMC) de $39,9 \pm 3,4$ kg/m², foram avaliadas no pré-operatório e 1 ano após a cirurgia. Houve um aumento na capacidade vital (CV), na capacidade vital forçada (CVF), no volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁) e na ventilação voluntária máxima (VVM). Foi encontrado também, um aumento do volume de reserva expiratório (VRE) e uma redução do volume de reserva inspiratório (VRI). Houve uma redução dos valores de P_{lmax} e P_Emax.

CONCLUSÃO: A perda de peso induzida pela cirurgia bariátrica promove importantes alterações dos volumes pulmonares, aumentando-os em sua maioria, provavelmente proporcionando melhora na mecânica ventilatória; além disso aumenta a endurance e diminui a força muscular respiratória. Tais alterações provavelmente são resultado de certas acomodações no trabalho mecânico da respiração dessas pacientes, tornando a ventilação pulmonar mais eficiente.

Palavras-chave: Obesidade, função pulmonar, perda de peso, força muscular respiratória, espirometria.

4.1 INTRODUÇÃO

A obesidade é uma doença crônica, que causa danos a vários sistemas do organismo: cardiovascular, osteomioarticular, metabólico, entre outros (Organização Mundial da Saúde – OMS, 2000). O sistema respiratório também é uma das funções prejudicadas pela obesidade, pois ela gera comprometimento da função pulmonar causado pelo excesso de gordura depositada sobre tórax e abdômen, que prejudica a mecânica ventilatória, acarretando em aumento do trabalho respiratório, redução dos volumes pulmonares, disfunção da musculatura respiratória, prejuízos nas trocas gasosas e diminuída tolerância aos exercícios físicos (Koenig, 2001; Ladosky, Botelho e Albuquerque, 2001; Faintuch et al, 2004; Rasslan et al, 2004; Lotti et al, 2005; Jones e Nzekwu, 2006).

Alguns estudos têm mostrado que a redução de peso causada pela cirurgia bariátrica tem trazido grande melhora em várias funções, tais como: redução da hemoglobina e hematócrito (Zarvosky et al, 2008), redução da frequência cardíaca e consumo de oxigênio (Zarvosky et al, 2008), redução da resistência à insulina (Carvalho et al, 2007); sobretudo, melhora na função pulmonar com aumento da capacidade vital forçada (CVF) e do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁) (Koenig, 2001; Davila-Cervantes et al, 2004; Zarvosky et al, 2007), melhora da capacidade de difusão da membrana alvéolo-capilar (Zarvosky et al, 2008) e melhora nas trocas gasosas (Davila-Cervantes et al, 2004; Zarvosky et al, 2007).

O aumento da CVF e do volume de reserva expiratório (VRE) após a perda de peso pós cirurgia bariátrica parece estar bem consolidado na literatura (Koenig, 2001; Davila-Cervantes et al, 2004; Zarvosky et al, 2007). No

entanto, ainda há controvérsia sobre o comportamento da força muscular respiratória e de alguns volumes pulmonares, como o volume de reserva inspiratório (VRI).

Sendo assim, a hipótese desse estudo é que após a cirurgia bariátrica, além de aumento dos volumes pulmonares CVF e VRE já conhecidos, também possamos encontrar alterações nos valores de VRI, VVM e força muscular respiratória devido à grande alteração da mecânica ventilatória após a perda de peso.

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a repercussão da perda de peso após 1 ano da cirurgia de *bypass* gástrico em *Y-de-Roux* na função pulmonar de mulheres obesas e seus efeitos nos volumes pulmonares e na força da musculatura respiratória.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Pacientes

Trata-se de um estudo prospectivo longitudinal, realizado de julho de 2007 a julho de 2010, com a avaliação de 58 mulheres obesas que se submeteram à cirurgia bariátrica pela técnica de *bypass* gástrico em *Y-de-Roux*, realizada no Hospital Meridional Cariacica/ES. No entanto, apenas 14 delas puderam participar integralmente desse estudo, até a reavaliação após um ano de cirurgia. Tal redução deveu-se a baixa aderência, por dificuldades em participar ou por falta de interesse das mesmas. Fato este que tem despertado interesse na realização de novos estudos explorando-se o grau de motivação dessas voluntárias.

Com isso a amostra consistiu de 14 voluntárias, composta por mulheres obesas sedentárias, com índice de massa corpórea (IMC) entre 35 – 50 kg/m², não tabagistas e não portadoras de doenças respiratórias crônicas. Todas essas pacientes participaram integralmente do protocolo estabelecido e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o projeto foi aprovado pelo CEP-Meridional de Cariacica-ES, sob o protocolo 01/07.

4.2.2 Testes de avaliação da função pulmonar

Espirometria

A espirometria foi realizada utilizando-se um espirômetro computadorizado da marca EasyOne™ Modelo 2001 (ndd Medizintechnik AG, Zurich, Switzerland). Foram realizadas as manobras: Capacidade Vital Lenta (CVL), Capacidade Vital Forçada (CVF) e Ventilação Voluntária Máxima (VVM), realizadas de acordo com normas da *American Thoracic Society* (ATS) e *European Respiratory Society* (ERS) (Miller et al, 2005). Para calcular os valores preditos foi usada a equação proposta por Pereira, Sato e Rodrigues (2007) para a população brasileira.

Manovacuometria

Para avaliação da força muscular respiratória por meio da medida das pressões respiratórias estáticas máximas – pressão inspiratória máxima (P_Imax) e pressão expiratória máxima (P_Emax), foi utilizado um manovacuômetro analógico, calibrado em cm de H₂O, da marca Wika® (Iperó, SP, Brasil), escalonado em ± 300 cmH₂O. A técnica foi realizada como preconizado pela *American Thoracic Society* (ATS) e *European Respiratory Society* (ERS) (2002). A manobra foi realizada partindo do volume residual (VR) para a medida da P_Imax e partindo da capacidade pulmonar total (CPT)

para medida da PEmax, sendo que o esforço deveria ser sustentado por no mínimo um segundo. Para realização das manobras as voluntárias usaram um clipe nasal, e deveriam realizar três manobras tecnicamente aceitáveis, com pelo menos duas manobras reproduzíveis, sendo computado o maior dos valores para análise. Os valores de PImax e PEmax também foram expressos em porcentagem do predito, de acordo com a equação proposta por Neder et al (1999).

Um ano após a cirurgia, as pacientes foram convidadas a retornar ao consultório para reavaliação da função pulmonar por meio da espirometria e manovacuometria da mesma forma como foi realizada no período pré-operatório.

4.2.3 Análise estatística

As variáveis estão descritas em tabelas por média e desvio padrão da média. Para análise dos dados foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* para avaliar a normalidade da amostra e após ter sido constatado a distribuição normal das variáveis avaliadas, o teste *t* pareado foi usado para comparação pré-operatório e 1 ano de pós-operatório.

O tamanho da amostra tem o Power de 80% para o nível de significância de 5%, considerando como principal variável o VRI.

4.3 RESULTADOS

As características das pacientes: idade, IMC, peso e relação cintura quadril (C/Q) estão mostradas na tabela 8. Houve uma significativa redução nas variáveis: peso, IMC e relação C/Q após 1 ano de cirurgia. No entanto, esses resultados já eram esperados. O valor do IMC atingiu valores normais

em 7 pacientes e nas outras 7, o valor do IMC reduziu até os níveis de sobrepeso (25-30 kg/m²), ou seja, todas as pacientes deixaram de ser obesas. Antes da cirurgia, 6 pacientes tinham hipertensão arterial sistêmica (HAS), 4 tinham dislipidemia e 2 tinham diabetes. Um ano após a cirurgia, 3 pacientes continuavam hipertensas e 1 com dislipidemia. No entanto, as doenças estavam menos severas e mais fáceis de controlar.

Analisando os volumes pulmonares foi observado um aumento significativo nas variáveis: capacidade vital (CV), capacidade vital forçada (CVF) e volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁). No entanto, quando examinamos os componentes da CV separadamente, foi encontrado um aumento do volume de reserva expiratório (VRE) e redução do volume de reserva inspiratório (VRI), mantendo o volume corrente (VC) inalterado. Adicionalmente, a endurance respiratória avaliada pela VVM também aumentou após a perda de peso (tabela 8).

Já, quando foram avaliadas as variáveis de força da musculatura respiratória, foi observado uma queda nos valores de P_Imax e P_Emax após 1 ano de cirurgia bariátrica, porém com significância estatística apenas para a P_Emax (tabela 8).

TABELA 8 - Idade, peso, IMC, Índice C/Q, P_{lmax}, P_Emax e variáveis espirométricas no pré-operatório e 1 ano de pós-operatório.

	Pre-op (n=14)	Pos-op (1ano) (n=14)
Idade (anos)	42,64 ± 14,48	X
Peso (kg)	104,55 ± 15,08	69,42 ± 11,00*
IMC (kg/m ²)	39,98 ± 3,42	26,45 ± 3,71*
Índice C/Q	0,95 ± 0,08	0,86 ± 0,39*
P _{lmax} (cmH ₂ O)	74,28 ± 17,85	65,71 ± 18,69 ^{ns}
P _{lmax} (%pred)	82,48 ± 19,54	72,57 ± 18,26 ^{ns}
P _E max (cmH ₂ O)	91,43 ± 23,15	81,78 ± 19,57*
P _E max (%pred)	101,44 ± 27,51	91,13 ± 24,13*
CV (L)	3,08 ± 0,76	3,25 ± 0,65*
CV (%pred)	91,64 ± 11,96	96,35 ± 11,57*
VC (L)	0,65 ± 0,31	0,72 ± 0,31 ^{ns}
VRI (L)	1,95 ± 0,39	1,53 ± 0,42*
VRE (L)	0,45 ± 0,28	0,95 ± 0,43*
CI (L)	2,60 ± 0,51	2,26 ± 0,43*
CVF (L)	3,10 ± 0,84	3,40 ± 0,58*
CVF (%pred)	91,64 ± 16,01	100,93 ± 10,06*
VEF ₁ (L)	2,44 ± 0,72	2,81 ± 0,53*
VEF ₁ (%pred)	86,00 ± 15,21	100,14 ± 11,67*
VVM (L/min)	102,16 ± 23,16	111,94 ± 14,98*
VVM (%pred)	92,86 ± 16,72	104,78 ± 23,75*

*IMC: índice de massa corpórea; CV: capacidade vital; VC: volume corrente; VRI: volume de reserva inspiratório; VRE: volume de reserva expiratório; CI: capacidade inspiratória; CVF: capacidade vital forçada; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; VVM: ventilação voluntária máxima; P_{lmax}: pressão inspiratória máxima; P_Emax: pressão expiratória máxima. ns: não significante. * = p < 0,05.*

4.4 DISCUSSÃO

Com base nos resultados encontrados, constatou-se que 1 ano após a cirurgia bariátrica essas pacientes obesas apresentaram alterações significativas nas medidas de volumes pulmonares e da força muscular respiratória, além da redução do peso, do IMC e da relação C/Q.

De modo geral nossos resultados estão de acordo com alguns estudos (Davila-Cervantes et al, 2004 e Marti-Valeri et al, 2007), os quais evidenciaram

melhora na função pulmonar em pacientes avaliados após um ano de cirurgia bariátrica. Além das variáveis espirométricas e manovacuumétricas, comumente empregados para a avaliação respiratória desses pacientes, alguns estudos buscaram respostas fisiológicas mais aprofundadas, como o de Zavorsky et al (2008), os quais encontraram uma melhora da capacidade de difusão da membrana alvéolo-capilar pulmonar após perda de peso em pacientes obesos sem sintomas respiratórios. A exemplo de nossos resultados, esses autores encontraram também uma redução da relação C/Q.

A diminuição do IMC provavelmente otimize a mecânica ventilatória, pois pudemos encontrar aumento da CV, dentre outros volumes pulmonares, o que indica melhor aproveitamento do trabalho respiratório nestes sujeitos um ano após a cirurgia bariátrica. Além deste aumento da CV, constatamos também aumento do VEF_1 após a perda de peso. Embora essas obesas não apresentassem obstrução das vias aéreas, este resultado pode indicar que elas passaram a ter também um melhor fluxo de ar na vias aéreas. Nossos resultados estão de acordo também com os achados de Wadstrom, Muller-Suur e Backman (1991), Weiner et al (1998) e Nguyen et al (2009). Esses autores não exploraram os volumes que compõem a CV, o que pode fornecer importantes informações a respeito da mobilidade tóraco-abdominal durante os movimentos respiratórios. Em nosso estudo pudemos constatar um aumento do VRE, associado a uma redução do VRI após a perda de peso. Este resultado, em nossa opinião deveu-se a melhora na dinâmica dos movimentos tóraco-abdominais da respiração, como resposta a uma possível redução da pressão abdominal, própria da obesidade.

Neste contexto, cabe lembrar que a redução do VRE é relativamente esperada como alteração da função pulmonar causada pela obesidade, pois de acordo com Koenig (2001), esse fato se deve à redução da mobilidade do diafragma dentro do tórax, já que o mesmo é pressionado para cima pelo grande volume abdominal do indivíduo obeso, causando uma desvantagem mecânica aos músculos respiratórios. Além disso, Young et al (2003) sugeriram que a redução do VRE pode aumentar áreas de atelectasias, resultando em prejuízo da relação ventilação/perfusão levando, conseqüentemente, à hipoxemia arterial.

Ao avaliarem sujeitos obesos no pré-operatório e um ano após a cirurgia bariátrica, El-Gamal et al (2005) observaram que o baixo valor de VRE estava relacionado à maior dispnéia e drive respiratório, avaliado pela pressão de oclusão de vias aéreas - P_{01} . Além disso, após a perda de peso, também constataram melhora desses parâmetros. Esses resultados contribuem para fortalecer a hipótese de que a obesidade, ao reduzir o VRE, leva a uma sobrecarga respiratória, verificada pelo aumento da dispnéia e do drive respiratório. E de forma compensatória faz com que aumente o VRI. Normalmente, todas essas alterações são revertidas após a perda de peso.

Apesar de alguns estudos terem evidenciado a redução do VRE relacionado à obesidade, pouco tem sido discutido a respeito do aumento do VRI em obesos. Costa et al (2008), comparando a função pulmonar de obesos e não obesos, puderam constatar maior VRI e menor VRE nos obesos e o inverso nos não obesos, sem diferença na CV entre os grupos. Nossos achados, de diminuição do VRI e aumento do VRE, após um ano da cirurgia, e conseqüente perda de peso, sugerem que pode ter havido uma reacomodação

dos compartimentos volumétricos pulmonares dentro da caixa torácica, sobretudo pela descompressão abdominal após a perda de peso desses sujeitos obesos.

Além dessas alterações dos volumes e capacidades respiratórias, outra importante variável que influencia na função pulmonar é a força muscular respiratória. Ainda há controvérsia em relação à redução da força muscular respiratória após a perda de peso que ocorre com a cirurgia bariátrica. Weiner et al (1998) e Dávila-Cervantes et al (2004), ao avaliarem a P_Imax e P_Emax após cirurgia bariátrica, encontraram aumento das mesmas, enquanto que Wadstrom et al (1991) encontraram sua redução. Em nosso estudo também encontramos reduções da P_Imax e P_Emax, o que pode ser justificado pela perda de massa magra após a cirurgia bariátrica, já descrita por alguns autores (Wadstrom et al, 1991; Carey et al, 2006a; Carey et al, 2006b; Olbers et al, 2006).

A média da perda de peso com a técnica cirúrgica de bypass gástrico em Y de Roux é de 30% do peso inicial (Pataky, Carrard e Golay 2011), que é similar aos nossos resultados, conforme dados da tabela 08. No entanto, essa perda não é somente de massa gorda, mas de massa magra também.

Stegen et al (2009) encontraram uma redução de massa magra associada com uma redução da força muscular estática e dinâmica, e os autores sugerem ainda, que a atividade física previne a redução da força muscular após cirurgia bariátrica.

Na tentativa de explicações para essa perda de força muscular respiratória, algumas teorias tem sido levantadas, como a própria retirada de sobrecarga no tórax e no abdômen, exercida pelo excesso de tecido adiposo.

El-Gamal et al (2005) sugeriram a ocorrência de um “destreino” destes músculos após a diminuição da sobrecarga com a própria perda de peso. De qualquer forma, a redução da força muscular não implica necessariamente em prejuízos mecânicos da ventilação pulmonar.

Apesar da redução nos valores das pressões respiratórias estáticas máximas – P_{lmax} e P_Emax , pudemos constatar que houve um aumento na VVM, que representa ganho da sua endurance respiratória. Este fato pode ser justificado porque a perda de peso promove melhora da mecânica ventilatória e aumento dos volumes pulmonares (Weiner et al, 1998), além disso também reduz a desvantagem mecânica do trabalho respiratório (El-Gamal et al, 2005).

4.5 CONCLUSÃO

Sendo assim, baseado nesses achados podemos concluir que a perda de peso induzida pela cirurgia bariátrica promove uma melhora da mecânica ventilatória, como evidenciado pelo aumento dos volumes pulmonares (VRE, CV, CVF e VEF₁) e da endurance respiratória (VVM) de mulheres obesas, mesmo com a diminuição da força muscular respiratória. Além disso, a redução do VRI parece demonstrar uma tendência de distribuição dos volumes pulmonares estáticos semelhantes à dos não obesos. Portanto, uma melhor distribuição dos compartimentos que compõem a CV.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos apresentados acrescentam informações importantes no estudo da função pulmonar na obesidade e na cirurgia bariátrica, bem como o papel da fisioterapia dentro deste contexto.

Foram avaliadas no primeiro estudo 26 mulheres obesas, no segundo estudo 65, no entanto, sendo incluídas apenas 32, por estas participarem de todas as etapas do protocolo da pesquisa, e finalmente, para o terceiro estudo foram recrutadas 11 pacientes do primeiro estudo e 3 do segundo estudo, totalizando 14 pacientes avaliadas no *follow up* de 1 ano. Portanto, no total, foram avaliadas 91 mulheres obesas candidatas à cirurgia bariátrica, sendo que foram consideradas 58 para análise dos dados.

A partir dos resultados, foi possível constatar que a cirurgia bariátrica realizada por laparotomia causa maior prejuízo à função pulmonar no período pós-operatório imediato, quando comparada à videolaparoscopia. Assim sendo, estudos com metodologias para investigar estratégias para atenuar o impacto do trauma cirúrgico desse tipo de cirurgia são muito relevantes. Especialmente no caso de pacientes obesos, já que estes apresentam de base, prejuízo à função pulmonar.

Os danos à função pulmonar no período pós-operatório puderam ser vistos na redução dos volumes pulmonares e na disfunção dos músculos respiratórios, por meio da redução dos valores das pressões respiratórias estáticas máximas – P_{lmax} e P_Emax – e da redução da mobilidade diafragmática. Essas alterações podem favorecer o surgimento de complicações pulmonares que podem contribuir para maior morbidade e

mortalidade dos pacientes, além de aumentar o tempo de internação e custos hospitalares.

A fisioterapia, por meio de suas várias técnicas – respiração diafragmática, inspirometria de incentivo, terapia com PEEP, treinamento muscular respiratório e outras – pode ser uma poderosa ferramenta na tentativa de atenuar os efeitos negativos do trauma cirúrgico à função pulmonar. Nas pacientes estudadas, o protocolo proposto de TMI pré-operatório foi capaz de reduzir a queda da PI_{max} no período pós-operatório. No entanto, outras técnicas e protocolos devem ser investigados no intuito de identificar aqueles com melhores resultados.

A fisioterapia pode ser indicada não somente no pré e pós-operatório imediato como também no tardio, já que quando avaliamos as pacientes 1 ano após a cirurgia bariátrica verificamos aumento dos volumes pulmonares, no entanto com redução da força muscular respiratória. Um programa de treinamento físico e respiratório nesse primeiro ano de cirurgia pode ser benéfico para prevenir esse achado.

Contribuições para a fisioterapia:

- Pacientes submetidos à cirurgia bariátrica por laparotomia, têm maior prejuízo à função pulmonar no período pós-operatório imediato e por isso podem necessitar mais intensivamente dos cuidados fisioterapêuticos;

- TMI no pré-operatório de cirúrgica bariátrica atenua os efeitos negativos do trauma cirúrgico à força muscular inspiratória avaliada pela PI_{max} ;

- Como a disfunção dos músculos respiratórios no período pós-operatório é apontada como a principal causa de complicações pulmonares, o TMI pré-operatório pode ser uma alternativa para preveni-las.

- A fisioterapia no pós-operatório tardio de cirurgia bariátrica ainda é um campo aberto para pesquisa, e pode trazer benefícios aos pacientes principalmente se for voltada para o treinamento muscular respiratório.

REFERÊNCIAS

Akdur H, Yigit Z, Sozen AB, Cagatay B, Guven O. Comparison of pre and postoperative pulmonary function in obese and non-obese female patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Respirology*. 2006; 11(6): 761–6.

American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166(4): 518–624.

Ayoub J, Cohendy R, Prioux J, Ahamaidi S, Bourgeois JM, Dauzat M, Ramonatxo M, Préfaut C. Diaphragm movement before and after cholecystectomy: A sonographic study. *Anesth Analg*. 2001; 92: 755 – 61.

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: 194-199.

Berdah SV, Picaud R, Jammes Y. Surface diaphragmatic electromyogram changes after laparotomy. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002; 22(2): 157–60.

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

Bobbio A, Chetta A, Ampollini L, Primono GL, Internullo E, Carbognani P, Rusca M, Olivieri D. Preoperative pulmonary rehabilitation in patients undergoing lung resection for non-small cell lung cancer. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2008; 33: 95-98.

Buchwald H. Consensus Conference Statement: bariatric surgery for morbid obesity: health implications for patients, health professionals, and third-party payers. *J Am Coll Surg*. 2005; 200: 593–604.

Carey DG, Pliego GJ, Raymond RL. Body composition and metabolic changes following bariatric surgery: Effects on fat mass, lean mass and basal metabolic rate: six months to one year follow-up. *Obes Surg*. 2006a; 16: 1602-08.

Carey DG, Pliego GJ, Raymond RL, Skau KB. Body Composition and metabolic changes following bariatric surgery: effects on fat mass, lean mass and basal metabolic rate. *Obes Surg*. 2006b; 16: 469-77.

Carvalho PS, Moreira CLCB, Barelli MC, Oliveira FH, Guzzo MF, Miguel GPS, Zandonade E. Cirurgia bariátrica cura Síndrome Metabólica? *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2007; 51(1): 79-85.

Cattano D, Altamirano A, Vanucci A, Melnikov V, Cone C, Hagberg CA. Preoperative use of incentive spirometry does not affect postoperative lung function in bariatric surgery. *Translational Research*. 2010; 156: 265-272.

Celli B. Respiratory muscle strength after upper abdominal surgery. *Thorax*. 1993; 48: 683-84.

Chetta A, Tzani P, Marangio E, Carbognani P, Bobbio A, Olivieri D. Respiratory effects of surgery and pulmonary function testing in the preoperative evaluation. *Acta Biomed*. 2006; 77: 69-74.

Christou NV, MacLean LD Cap 08 - Effect of bariatric surgery on long-term mortality. In: Mosby, Inc. *Adv Surg*. 2005; 39: 165 – 79.

Chumillas S., Ponce JL., Delgado F., Viciano V., Mateu M. Prevention of postoperative pulmonary complications through respiratory rehabilitation: a controlled study clinical. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998; 79: p.5-9

Chuter TA, Weissman C, Mathews DM, Starker PM. Diaphragmatic breathing maneuvers and movement of the diaphragm after cholecystectomy. *Chest*. 1990; 97: 1110-14.

Costa D, Barbalho MC, Miguel GPS, Forti EMP, Azevedo JL MC. The impact of obesity on pulmonary function in adult women. *Clinics*. 2008; 63(6): 719-24.

Dávila-Cervantes A, Borunda D, Dominguez-Cherit G, Gamino R, Vargas-Vorackova F, Gonzales-Barranco J, Herrera MF. Open versus laparoscopic vertical banded gastroplasty: a randomized controlled double blind trial. *Obes Surg*. 2002; 12(6): 812–8.

Dávila-Cervantes A, Domínguez-Cherit G, Borunda D, Gamino R, Vargas-Vorackova F, Gonzales-Barranco J, Herrera MF. Impact of surgically-induced weight loss on respiratory function: a prospective analysis. *Obes Surg.* 2004; 14: 1389-92.

Debigaré R, Maltais F, Whittom F, Deslauries J, LeBlanc P. Feasibility and efficacy of home exercise training before lung volume reduction. *J Cardiopulmonary Rehab.* 1999; 19: 235-41.

Dronkers J, Veldman A, Hoberg E, van der Waal C, van Meeteren N. Prevention of pulmonary complications after upper abdominal surgery by preoperative intensive inspiratory muscle training: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehab.* 2008; 22(2): 134-42.

Eichenberger AS, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, Magnusson L. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Analg.* 2002; 95: 1788–92

El-Gamal H, Khayal A, Shikora S, Unterborn J. Relationship of dyspnea to respiratory drive and pulmonary function tests in obese patients before and after weight loss. *Chest.* 2005; 128: 3870 – 74.

Faintuch J, Souza SAF, Valexi AC, Sant'ana AF, Gama-Rodrigues JJ. Pulmonary function and aerobic capacity in asymptomatic bariatric candidates

with very severe morbid obesity. Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. S. Paulo. São Paulo. 2004; 59 (4): 181-186.

Fernandes M, Cukier A, Ambrosino N, Leite JJ, Zanetti Feltrim MI. Respiratory pattern, thoracoabdominal motion and ventilation in chronic airway obstruction. Monaldi Arch Chest Dis. 2007; 67(4): 209-216.

Fleischmann KE, Goldman L, Young B, Lee TH. Association between cardiac and noncardiac complications in patients undergoing noncardiac surgery: outcomes and effects on length of stay. Am J Med. 2003; 115: 515-20.

Hulzebos EHJ, van Meeteren NLU, van den Buijs BJWM, de Bie RA, de la Riviere AB, Helders PJM. Feasibility of preoperative inspiratory muscle training in patients undergoing coronary artery bypass surgery with a high risk of postoperative pulmonary complications: a randomized controlled pilot study. Clin Rehab. 2006; 20: 949-59.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Análise da disponibilidade domiciliar de alimentos e do estado nutricional no Brasil: pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. Rio de Janeiro, 2010.
www.ibge.gov.br

Jones RL, Nzekwu MMU. The effects of body mass index on lung volumes. Chest. 2006; 130: 827-33.

Jones LW, Peddle CJ, Eves ND, Haykowsky MJ, Courneya KS, Mackey JR, Joy AA, Kumar V, Winton TW, Reiman T. Effects of presurgical exercises training on cardiorespiratory fitness among patients undergoing thoracic surgery for malignant lung lesions. *Cancer*. 2007; 110: 590-98.

Joris JL, Hinue VL, Laurent PE, Desai CJ, Lamy ML. Pulmonary function and pain after gastropasty performed via laparotomy or laparoscopy in morbidly obese patients. *Br J Anaesth*. 1998; 80(3): 283–8.

Koenig, SM. Pulmonary Complications of obesity. *Am. J. Med. Sci*. 2001; 321 (4): 249-279.

Kulkarni SR, Fletcher E, McConnell AK, Poskitt KR, Whyman MR. Pre-operative inspiratory muscle training preserves postoperative inspiratory muscle strength following major abdominal surgery – a randomised pilot study. *Ann R Coll Surg Engl*. 2010; 92: 700–705.

Ladosky W, Botelho MAM, Albuquerque JP. Chest mechanics in morbidly obese non-hypoventilated patients. *Respir Med*. 2001; 95: 281 – 286

Laghi F and Tobin MJ. Disorders of the Respiratory Muscles. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003; 168: 10–48.

Lawrence VA, Cornell JE, Smetana GW. Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiothoracic surgery: systematic review for

the american college of physicians. Clinical Guideline. *Ann Intern Med.* 2006; 144 (8): 596 -608.

Lotti P, Gigliotti F, Tesi F, Stendardi L, Grazzini M, Duranti R, Scarro G. Respiratory muscles and dyspnea in obese nonsmoking subjects. *Lung.* 2005; 183: 311 – 23.

Manzano RM, Carvalho CRF, Saraiva BM, Vieira RJE. Chest physiotherapy during immediate postoperative period among patients undergoing upper abdominal surgery: randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J.* 2008; 126(5): 269-73.

Martí-Valeri C., Sabaté A., Masdevall C., Dalmau A. Improvement of associated respiratory problems in morbidly obese patients after open Roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg.* 2007; 17: 1102-10.

McAlister FA, Bertsch K, Man J, Bradley J, Jacka M. Incidence of and risk factors for pulmonary complications after nonthoracic surgery. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005; 171: 514-17.

Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, et al. ATS/ERS task force. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005; 26(2): 319–38

Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II—maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res.* 1999; 32(6): 719–27.

Nguyen NT, Lee SL, Goldman C, Fleming N, Arango A, McFall R, Wolfe BM. Comparison of pulmonary function and postoperative pain after laparoscopic versus open gastric bypass: a randomized trial. *J Am Coll Surg.* 2001a; 192(4): 469–76.

Nguyen NT, Lee SL, Anderson JT, et al. Evaluation of intraabdominal pressure after laparoscopic and open gastric bypass. *Obes Surg.* 2001b; 11: 40–5.

Nguyen NT, Hinojosa MW, Smith BR, Gray J, Varela E. Improvement of restrictive and obstructive mechanics following laparoscopic bariatric surgery. *Surg Endosc.* 2009; 23: 808-12.

Nomori H, Kobayashi R, Fuyuno G, Morinaga S and Yashima H. Preoperative respiratory muscle training. Assessment in thoracic surgery patients with reference to postoperative pulmonary complications. *CHEST.* 1994; 105(6): 1782-8.

Ochs-Balcom HM, Grant BJB, Muti P, Sempos CT, Freudenheim JL, Trevisan M, Cassano PA, Iacoviello L, Schunermamn HJ. Pulmonary function and abdominal adiposity in the general population. *Chest.* 2006; 129: 853-862.

Ogunnaike BO, Jones SB, Jones DB, Provost D, Whitten CW. Anesthetic considerations for bariatric surgery. *Anesth Analg*. 2002; 95: 1793–1805.

Olbers T, Lonroth H, Fagevik-Olsén M, Lundell L. Laparoscopic gastric bypass: development of technique, respiratory function, and longterm outcome. *Obes Surg*. 2003; 13(3): 364–70.

Olbers T, Bjorkman S, Lindroos A, Maleckas A, Lonn L, Sjostrom L, Lonroth H. Body composition, dietary intake, and energy expenditure after laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass and laparoscopic vertical banded gastroplasty. A randomized clinical trial. *Ann Surg*. 2006; 244: 715-722.

Olsén MF, Hahn I, Nordgren S, Lönroth H, Lundholm K. Randomized controlled trial of prophylactic chest physiotherapy in major abdominal surgery. *Br J Surg*. 1997; 84 (11): 1535-38.

Organização Mundial da Saúde - OMS. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. 2000; 894:i-xii, 1-253.

Organização Mundial da Saúde – OMS. WHO Fact Sheet/311. Obesity and Overweight. September, 2006. www.who.int

Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications—a systematic review. *Chest*. 2001; 120(3): 971–8.

Paisani DM, Chiavegato LD, Faresin SM. Volumes, capacidades pulmonares e força muscular respiratória no pós-operatório de gastroplastia. *J Bras Pneumol.* 2005; 31: 125–32.

Pataky Z, Carrard I and Golay A. Psychological factors and weight loss in bariatric surgery. *Curr Opin Gastroenterol.* 2011; 27: 000–000 DOI:10.1097/MOG.0b013e3283422482.

Paulo DNS, da Silva AL, Paulo ICAL. Mobilidade diafragmática em pacientes com hérnia incisional abdominal longitudinal antes e após a sua correção cirúrgica. *Rev Bras Med.* 1994; 51: 1272–6.

Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira. *J Pneumol.* 1992; 18(1): 10–22.

Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007; 33(4): 397-406.

Pereira ED, Fernandes AL, da Silva Anção M, de Araújo Pereres C, Atallah AN, Faresin SM. Prospective assessment of the risk of postoperative pulmonary complications in patients submitted to upper abdominal surgery. *Sao Paulo Med J/Rev Paul Med.* 1999; 117(4): 151–60.

Qaseem A, Snow V, Fitterman N, Hornbake ER, Lawrence VA, Smetana GW, Weiss K, Owens DK. Risk assessment for and strategies to reduce perioperative pulmonary complications for patients undergoing noncardiothoracic surgery: A Guideline from the American College of Physicians. *Ann Intern Med.* 2006; 144(8): 575 – 80.

Rasslan Z, Junior RS, Stirbulov R, Fabbri RMA, Lima CAC. Evaluation of pulmonary function in class I and II obesity. *J Bras Pneumol.* 2004; 30(6): 508-14.

Ricciardi R, Town RJ, Kellogg TA, Ikramuddin S, Baxter NN. Outcomes after open versus laparoscopic gastric bypass. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2006; 16(5): 317–20.

Rock P, Rich PB. Postoperative pulmonary complications. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2003; 16: 123-32.

Schauer PR, Ikramuddin S, Gourash W, Ramanathan R, Luketich J. Outcomes after laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass for morbid obesity. *Ann Surg.* 2000; 232 (4): 515–529.

Siddiqui A, Livingston E, Huerta S. A comparison of open and laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass surgery for morbid and super obesity: a decision-analysis model. *Am J Surg.* 2006; 192(5): e1–7.

Smetana GW. Postoperative pulmonary complications: An update on risk assessment and reduction. *Cleve Clin J Med*. 2009; 76 Suppl 4: S60-5.

Soo Hwan Kim, Sungwon Na, Jin-Sub Choi, Se Hee Na, Seokyung Shin and Shin Ok Koh. An evaluation of diaphragmatic movement by M-Mode sonography as a predictor of pulmonary dysfunction after upper abdominal surgery. *Anesth Analg*. 2010; 110: 1349–54.

Stegen S, Derave W, Calders P, Van Laethem C, Pattyn P. Physical fitness in morbidly obese patients: effect of gastric bypass surgery and exercise training. *Obes Surg*. 2009; doi: DOI 10.1007/s11695-009-0045-y.

Toledo NSG, Kodaira SK, Massarollo PCB, Pereira OI, Mies S. Right hemidiaphragmatic mobility: assessment with US measurement of craniocaudal displacement of left branches of portal vein. *Radiology*. 2003; 228(2): 389–94.

Thomas JA, McIntosh JM. Are incentive spirometry, intermittent positive pressure breathing, and deep breathing exercises effective in the prevention of postoperative pulmonary complications after upper abdominal surgery? A systematic overview and meta-analysis. *Phys Ther*. 1994; 74(1): 3-10.

Vassilakopoulos T, Mastora Z, Katsaounou P, Doukas G, Klimopoulos S, Roussos C, Zakyntinos S. Contribution of pain to inspiratory muscle dysfunction after upper abdominal surgery. A randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000; 161(4 Pt 1): 1372–5.

Wadstrom C, Muller-Suur R, Backman L. Influence of excessive weight loss on respiratory function. A study of obese patients following gastroplasty. *Eur J Surg.* 1991; 157(5): 341-46.

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.

Weller WE, Rosati C. Comparing outcomes of laparoscopic versus open bariatric surgery. *Ann Surg.* 2008; 248: 10–15.

Westwood k, Griffin M, Roberts K, Williams M, Yoong K, Digger T. Incentive spirometry decreases respiratory complications following major abdominal surgery. *Surgeon.* 2007; 5(6): 339-42.

Wittgrove AC, Clark GW, Tremblay LJ. Laparoscopic gastric bypass, Roux-en-Y: preliminary report of five cases. *Obes Surg* 1994; 4: 353–57.

Young SS, Skeans SM, Austin T, Chapman RW. The effects of body fat on pulmonary function and gas exchange in cynomolgus monkeys. *Pulm Pharmacol Ther.* 2003; 16: 313-19.

Zarvosky GS, kim DJ, Sylvestre JL, Christou NV. Alveolar membrane diffusing capacity improves in the morbidly obese after bariatric surgery. *Obes Surg.* 2008; 18: 256-63.

Zavorsky GS, Murias JM, Kim DJ, Gow J, Sylvestre JL, Christou NV. Waist-to-hip ratio is associated with pulmonary gas exchange in the morbidly obese. *Chest*. 2007; 131: 362-67.

ANEXO I

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.** *Obesity Surgery.* 2011; 21: 194-199.

Silicone-Ring Roux-en-Y Gastric Bypass in the Treatment of Obesity: Effects of Laparoscopic Versus Laparotomic Surgery on Respiration

Marcela Cangussu Barbalho-Moulim · Gustavo Peixoto Soares Miguel ·
Eli Maria Pazzianotto Forti · Marcelo de Castro César ·
João Luiz Moreira Coutinho Azevedo · Dirceu Costa

Received: 4 September 2008 / Accepted: 9 March 2009 / Published online: 21 March 2009
© Springer Science + Business Media, LLC 2009

Abstract

Background The objective of this study was to compare the effects of silicone-ring Roux-en-Y gastric bypass carried out by laparoscopy versus that accomplished by laparotomy on pulmonary function.

Methods A total of 26 women (body mass index (BMI) 35–49 kg/m²) were studied candidates for silicone-ring Roux-en-Y gastric bypass carried out by laparoscopy (LG; $n=13$) and laparotomy (or open surgery (OG); $n=13$). Smokers, patients having lung disease, and those unable to carry out the tests properly were excluded. The physical therapy was standardized for both the groups. Respiratory evaluation was carried out during the preoperative period and on the second

postoperative day by using spirometry and other tests that evaluated respiratory muscle strength and diaphragmatic mobility. Pain was evaluated by the visual analog scale on the second postoperative day. The statistical analysis was carried out with parametric or nonparametric tests, depending on the distribution of variables, considering $p<0.05$ as statistically significant.

Results Patients were similar with respect to age, BMI, and waist-to-hip ratio. A decrease in all variables was observed for both the groups in the postoperative period, although this decrease was less pronounced in the LG group. Pain intensity was also lower in the LG group. The length of hospital stay was 2 days, and there were no pulmonary complications.

Conclusion As there were no differences in the incidence of pulmonary complications and the length of hospital stay between the groups, the results showed that silicone-ring Roux-en-Y gastric bypass carried out by laparoscopy caused less pain and impairment of pulmonary function in the postoperative period.

Keywords Roux-en-Y gastric bypass · Laparoscopy · Laparotomy · Pulmonary function

M. C. Barbalho-Moulim · E. M. Pazzianotto Forti ·
M. de Castro César
Methodist University of Piracicaba (UNIMEP),
Piracicaba, São Paulo, Brazil

M. C. Barbalho-Moulim · D. Costa
Federal University of São Carlos (UFSCar),
São Carlos, São Paulo, Brazil

D. Costa
e-mail: dcosta@uninove.br

M. C. Barbalho-Moulim · G. P. Soares Miguel
Meridional Hospital,
Cariacica, Espírito Santo, Brazil

M. C. Barbalho-Moulim (✉)
St. Hugo Musso, No. 2000/701—Praia da Costa,
Vila Velha, Espírito Santo, Brazil
e-mail: marcelacbarbalho@hotmail.com

J. L. M. C. Azevedo
University of São Paulo,
São Paulo, Brazil

Introduction

Obesity has been considered a worldwide epidemic in recent years. At present, there are more than one billion overweight adults and at least 300 million clinically obese [1] adults in the world. In addition to diminishing the quality of life [1], obesity increases the risk of chronic diseases such as hypertension, diabetes mellitus, and dyslipidemia.

Obesity can also affect respiratory mechanics, respiratory muscle strength and endurance, pulmonary gas exchange, control of breathing, pulmonary function tests, and capacity to exercise [2]. These changes in lung function are caused by the extra adipose tissue in the chest wall and abdominal cavity, which compresses the thoracic cage, diaphragm, and lungs. This leads to a decrease in both diaphragm displacement and compliance of lung and chest walls, in addition to increasing the elastic recoil. The results are a decreased lung volume and an overload of inspiratory muscles [2]. These changes increase along with the body mass index (BMI) [3].

In view of the limitations [1, 4] of conservative treatments, surgical interventions have been recommended as a treatment of choice. Currently, the most widely used procedure for treating severe obesity is the Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) [1, 5]. This procedure can be carried out by either laparoscopy or open laparotomy [5]. Some authors regard the former procedure as a less invasive method that results in fast patient recovery, lower rates of morbidity and mortality, and shorter hospitalization [6, 7].

The choice for the surgical procedure to be used in obese individuals, whether a laparoscopy or an open surgery, should consider the impact on pulmonary function, mostly because the respiratory function in obese individuals is already in a compromised state before the operation. Thus, the surgical approach adopted should minimize the risk of postoperative pulmonary complications.

The purpose of this study was to compare the effects of silicone-ring RYGB carried out by both techniques of laparoscopy and laparotomy on pulmonary function. A secondary objective was to compare the incidences of pulmonary complications during the evaluation period and the hospitalization times between the groups.

Materials and Methods

This study was approved by the Meridional Hospital Ethics Committee (protocol number 01/07), and the patients signed an Informed Consent Term.

The research involved 26 obese women (BMI 35–49 kg/m²) candidates for silicone-ring RYGB elective surgery. Patients suffering from pulmonary diseases or unable to carry out the pulmonary function tests adequately, smokers, and those refusing to sign the Informed Consent Term were excluded from the study. Among the 26 patients evaluated, 13 underwent laparoscopic silicone-ring RYGB surgery (LG) and 13 underwent laparotomy (or open surgery (OG)). The choice of the surgical technique to be used was based on the contract between the patients and their health insurance companies. The two groups of patients had similar ages (LG=39.5±10.8; OG=38.9±8.4 years old), BMIs (LG=

39.7±3.9; OG=40.7±4.3 kg/m²), and waist-to-hip ratio (LG=0.91±0.08; OG=0.88±0.04), thereby constituting a uniformly distributed sample.

The evaluation of the pulmonary function was carried out by conventional spirometry using a personal computer version of the NDD EasyOne™ Spirometer Model 2001 (Medizintechnik AG, Zurich, Switzerland). The parameters directly evaluated were the volume, capacity, and flow of the lungs by using the slow vital capacity (SVC), the forced vital capacity (FVC), and the maximum voluntary ventilation (MVV) tests, respectively, with volunteers in the sitting position and with a minimum of three repetitions, as recommended by the American Thoracic Society and the European Respiratory Society [8]. Results were expressed in absolute values and as percentages of the predicted reference values for the Brazilian population [9]. The SVC test yielded the following variables: vital capacity (VC), tidal volume (VT), inspiratory reserve volume (IRV), and expiratory reserve volume. The FVC test allowed the determination of the forced expiratory volume in 1 s (FEV₁) and the FEV₁ to FVC ratio. The MVV was expressed in liters per minute and as a percentage of the predicted reference value for the Brazilian population.

Diaphragmatic mobility was evaluated by chest X-ray, posteroanterior view, with patients in the orthostatic position. Patients were asked to hold their breath during forced inspiration for radiography to be carried out. Radiography was also carried out during forced expiration. To assess the diaphragmatic mobility, the two radiographs were carefully overlaid using the spinal processes of vertebrae as reference. The highest point of the hemidiaphragmatic dome was identified on the deep-expiration image, and a longitudinal line was traced from this point. The intersection between this line and the diaphragmatic dome was used to define the measurement point of the forced inspiration image. The diaphragmatic displacement between inspiration and expiration was measured by using a millimetric ruler. The average distance between the hemicupulas was expressed in centimeters [10, 11].

The respiratory muscle strength was determined through the maximal static respiratory pressures measured during forced inspiration and expiration—maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP). The measurement was carried out using an aneroid manometer (Wika®, Brazil), calibrated in centimeter H₂O (±300 cm H₂O) and equipped with a 2-mm hole to relieve the oral pressure. The procedure was carried out as described by Black and Hyatt [12]. MIP and MEP were determined using the residual volume and the total lung capacity, respectively, with the subjects in the sitting position. The inspiratory and expiratory efforts were held for at least 1 s. Patients carried out at least three acceptable inspirations/expiration wearing a nose clip for two repro-

ducible inspirations/expiration to be determined. The largest values were used in the analysis. The MIP and MEP values were also expressed as percentages of the predicted values, according to the equation proposed by Neder et al. [13].

The smoking history of the patients and the presence of chronic lung diseases or respiratory symptoms, such as cough, secretion, breathlessness, chest pain, and other comorbidities, were evaluated during the preoperative period. In addition, anthropometric measurements were carried out during the same period. All patients were informed about postoperative care, such as the importance of coughing and early ambulation.

Patients were reassessed on the second postoperative day (D2). The tests carried out involved spirometry, the evaluation of respiratory muscle strength, and chest X-ray to assess the diaphragmatic mobility.

Evaluations were conducted in the morning after the administration of analgesics. Postoperative pain was subjectively rated before the conduction of tests using a visual analog scale (VAS). The VAS scores ranged from 0 (no pain) to 10 (intense pain).

Patients were submitted to chest physiotherapy daily, on the day of surgery and during the entire period of hospital stay. Each physiotherapy session consisted of diaphragmatic breathing, incentive spirometry, assisted cough, circulatory exercises, and early ambulation.

The postoperative pulmonary complications considered were as follows: pneumonia (body temperature $\geq 38^\circ\text{C}$, productive cough with purulent sputum, presence of pulmonary infiltration on chest X-ray examination, and increased leukocyte count), atelectasis with clinical implications (evidence of pulmonary atelectasis in the chest X-ray associated with respiratory discomfort), and acute respiratory failure (acute inability of the lungs to promote gas exchange, demanding the use of mechanical ventilation) [14, 15].

The data collected were expressed as mean \pm standard deviation. Data were analyzed by the Shapiro–Wilk test.

Preoperative and postoperative variables were compared using the paired *t* test and the Wilcoxon test for variables showing normal and nonnormal distribution, respectively. The nonpaired *t* test and the Mann–Whitney test were used for parametric and nonparametric data, respectively, to compare the laparoscopy and laparotomy groups. The statistical analyses for all tests were carried out using the Biostat[®] 4.0 software, at a significance level of $p \leq 0.05$. The study of the sample size showed Power $\geq 80\%$ at $p \leq 0.05$.

Results

Nonobstructive or restrictive pulmonary disorders were observed during the preoperative period.

Pain (VAS) was less intense in the LG patients (1.92 ± 1.70) than in the patients of the OG group (3.23 ± 1.92 ; $p < 0.05$). The hospital stay for both groups was for 2 days, and no postoperative pulmonary complications were observed during this period.

MIP and MEP values decreased in both groups on the second postoperative day. However, the decrease was more evident in the OG group, especially when considering the MEP, which was statistically more intense in the LG group (Table 1).

There was a reduction in the spirometric results on the second postoperative day. However, the decrease was less pronounced in the LG group for most variables. VT was the only variable that did not show a significant decrease for both groups. The variables VC, IRV, FVC, FEV1, and MVV were statistically higher in the LG group (Table 2).

The right and left hemidiaphragmatic mobilities were sharply reduced during the postoperative period in the OG group. No significant differences were observed in the right hemidiaphragmatic mobilities between the preoperative and postoperative periods in the LG group, whereas the left hemidiaphragmatic mobility showed a slight reduction (Table 3).

Table 1 Values of maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP) variables, in absolute and as a percentage of predicted values in the preoperative and postoperative period for the laparoscopy (LG) and open-surgery (OG) groups

Variables	Laparoscopy group ($n=13$)			Open group ($n=13$)		
	PRE	POS	% PRE–POS difference	PRE	POS	% PRE–POS difference
MIP (cm H ₂ O)	83.5 \pm 12.5	64.6 \pm 16.6*	–23%	92.3 \pm 25.2	58.5 \pm 23.8*	–37%
% MIP	91.7 \pm 12.7	71.2 \pm 19.2*	–23%	100.9 \pm 27.7	63.9 \pm 26.2*	–37%
MEP (cm H ₂ O)	105.4 \pm 25.4	76.9 \pm 25.9*	–27%	104.6 \pm 27.3	41.2 \pm 11.9*, **	–61%
% MEP	116.1 \pm 30.2	85.1 \pm 32.1*	–27%	113.8 \pm 30.1	44.7 \pm 12.7*, **	–61%

PRE preoperative period, POS postoperative period

* $p < 0.01$ — PRE vs POS; ** $p < 0.05$ — LG vs OG

Table 2 Values of vital capacity (VC), volume tidal (VT), inspiratory reserve volume (IRV), expiratory reserve volume (ERV), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV₁), and maximum voluntary ventilation (MVV) variables in absolute and as percentage of predicted values in the preoperative and postoperative periods for the laparoscopy (LG) and open (OG) groups

Variables	Laparoscopy group (n=13)			Open group (n=13)		
	PRE	POS	% PRE–POS difference	PRE	POS	% PRE–POS difference
VC (L)	3.46±0.72	2.90±0.76*	-16%	3.10±0.67	2.05±0.39*, ***	-34%
% VC	99.1±14.9	82.5±16.3*	-16%	92.4±13.7	61.4±9.7*, ***	-34%
VT (L)	0.80±0.26	0.79±0.35 ns	-1%	0.69±0.24	0.59±0.18 ns	-14%
IRV (L)	2.15±0.50	1.82±0.49*	-15%	2.08±0.65	1.27±0.31*, ***	-39%
ERV (L)	0.51±0.35	0.30±0.21*	-41%	0.33±0.22	0.23±0.16**	-30%
FVC (L)	3.46±0.71	2.92±0.72*	-16%	3.20±0.70	2.21±0.49*, ***	-31%
% FVC	98.8±14.8	83.2±15.4*	-16%	94.8±13.8	66.2±13.9*, ***	-31%
FEV ₁ (L)	2.77±0.61	2.36±0.64*	-15%	2.58±0.60	1.85±0.43*, ***	-28%
% FEV ₁	93.6±14.6	79.0±15.1*	-15%	90.2±14.9	65.5±14.4*, ***	-28%
MVV (L/min)	109.6±20.6	95.6±22.9**	-13%	109.1±21.5	77.1±20.7*, ***	-29%
% MVV	103.0±16.7	89.8±20.5**	-13%	104.5±16.2	74.4±18.5*, ***	-29%

PRE preoperative period, POS postoperative period, ns not significant
 *p<0.01—PRE vs POS, **p<0.05—PRE vs POS; ***p<0.05—LG vs OG

Discussion

The results proved that, in the population studied, the silicone-ring RYGB carried out by laparoscopy shows relatively minor negative effects on pulmonary function when compared to laparotomy.

The results shown in Table 1 indicate that there was a significant decrease in MIP and MEP in both groups, although this reduction was more pronounced in the OG group. Vassilakopoulos et al. [16] and Paisani et al. [17] also verified a decrease in the maximal static respiratory pressure during the immediate postoperative periods of surgery on the upper abdomen. Dávila-Cervantes et al. [18], comparing the bariatric surgery carried out by laparoscopy and by laparotomy, showed that the respiratory muscle strength was less affected in the former procedure.

Paisani et al. [17] evaluated the respiratory muscle strength in bariatric surgery carried out by laparotomy, showing a reduction in MIP by 51%, 26%, and 14% on the first, third, and fifth postoperative days, respectively, and a

reduction in MEP by 39%, 26%, and 15% on the first, third, and fifth postoperative days, respectively.

When the patients were reassessed on the second postoperative day, it was possible to observe a reduction in MIP by 23% and 37% and in MEP by 27% and 61% in the LG and OG groups, respectively (Table 1). The reduction in MEP was more evident in the OG group. Because MEP figures reflect the strength of the expiratory muscles [16] in the abdomen, the larger incision involved in the laparotomy procedure can justify the reduction in MEP in this group [19].

Results in Table 2 show that there was a reduction in most of the spirometric variables during the postoperative period for both the groups. This reduction was less pronounced in the group that underwent laparoscopy. Some authors obtained similar results when comparing the bariatric surgery carried out by laparoscopy and by laparotomy [20–22]. Many factors, such as the size and location of the incision, the pain in the postoperative period, and the level of intra-abdominal pressure and the

Table 3 Values of right (R) and left (L) hemidiaphragmatic mobilities in the preoperative and postoperative period for the laparoscopy (LG) and open (OG) groups

Variables	Laparoscopy group (n=13)			Open group (n=13)		
	PRE	POS	% PRE–POS difference	PRE	POS	% PRE–POS difference
Hemidiaphragmatic mobility (R, cm)	5.14±2.26	4.38±1.87 ns	-15%	4.53±1.82	2.50±0.91**, ***	-45%
Hemidiaphragmatic mobility (L, cm)	5.44±2.10	4.42±1.74*	-19%	4.78±1.93	3.05±1.09**, ***	-36%

PRE preoperative period, POS postoperative period, ns not significant
 *p<0.05—PRE vs POS; **p<0.01—PRE vs POS; ***p<0.05—LG vs OG

diaphragmatic dysfunction, may contribute to the impairment of lung function after bariatric surgery [20, 21, 23].

Diaphragmatic mobility, evaluated by chest X-ray, was less affected during the postoperative period in the LG group than in the OG group, as shown in Table 3. Other authors have also observed a reduction in the diaphragmatic mobility during the postoperative period of abdominal surgeries, diaphragmatic dysfunction being secondary to local inflammation caused by surgical trauma, by reflex mechanisms of central origin, and by the pain that reduces breathing mobility in the surgical site [24, 25].

The hospital stay for both groups was 2 days; no postoperative pulmonary complications were observed during this period, corroborating the study by Dávila-Cervantes et al. [18]. These results are also in accordance with the findings by Lawrence, Cornel, and Smetana [19], who published a systematic review showing no differences in the incidence of pulmonary complications during the immediate postoperative period of abdominal surgeries carried out by either laparoscopy or laparotomy. However, the results in this study showed that the pain was statistically more intense in the OG group, which may have negatively influenced the maximum effort during the tests conducted. This situation causes respiratory functional limitations that restrain deep breathing or cough, thereby impairing ventilation and promoting the accumulation of lung secretions, which in turn increases the risk of pulmonary complications during the postoperative period [16, 26].

Although not being conducted under ideal conditions, these tests aimed at assessing the lung function after abdominal surgeries may reflect the impact of the surgical site on the respiratory function in obese patients during the postoperative period, showing the present degree of impairment of lung function.

Although the results did not support any difference in the incidence of postoperative pulmonary complications and length of hospital stay between the groups, it could be concluded that the silicone-ring RYGB carried out by laparoscopy caused less pain and less impairment of the lung function during the immediate postoperative period. This important finding must be considered when performing abdominal surgery in obese patients because they naturally show a lower respiratory function baseline value.

Acknowledgments We thank the Laboratory of Spirometry at UFSCar for allowing the use of the spirometer. BIOSCAN-Meridional, UNIMEP, and CAPES/Prosup are gratefully acknowledged for supporting this work.

References

1. WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. 2000;894:i–xii, 1–253.
2. Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*. 2001;321:249–79.
3. Jones RL, Nzekwu MMU. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest*. 2006;130:827–33.
4. Consenso Latino-Americano de Obesidade—Rio de Janeiro, 10 de out. 1998. Disponível em URL: www.abeso.org.br/pdf/consenso.pdf [2007 dez 15]
5. Buchwald H. Consensus Conference Statement: bariatric surgery for morbid obesity: health implications for patients, health professionals, and third-party payers. *J Am Coll Surg*. 2005;200:593–604.
6. Siddiqui A, Livingston E, Huerta S. A comparison of open and laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass surgery for morbid and super obesity: a decision-analysis model. *Am J Surg*. 2006;192:e1–7.
7. Ricciardi R, Town RJ, Kellogg TA, et al. Outcomes after open versus laparoscopic gastric bypass. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2006;16:317–20.
8. Miller MR, Hankinson J, Brusasco F. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26:319–38.
9. Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, et al. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira. *J Pneumol*. 1992;18:10–2.
10. Paulo DNS, da Silva AL, Paulo ICAL. Mobilidade diafragmática em pacientes com hérnia incisional abdominal longitudinal antes e após a sua correção cirúrgica. *Rev Bras Med*. 1994;51:1272–6.
11. Toledo NSG, Kodama SK, Massarollo PCB, et al. Right hemidiaphragmatic mobility: assessment with US measurement of craniocaudal displacement of left branches of portal vein. *Radiology*. 2003;228:389–94.
12. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969;99:696–702.
13. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, et al. Reference values for lung function tests. II—maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*. 1999;32:719–27.
14. Pereira EDB, Fernandes AL, Anção MS, et al. Prospective assessment of the risk of postoperative pulmonary complications in patients submitted to upper abdominal surgery. *Sao Paulo Med J/Rev Paul Med*. 1999;117:151–60.
15. Akdur H, Yioit Z, Sozen AB, et al. Comparison of pre and postoperative pulmonary function in obese and non-obese female patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Respirology*. 2006;11:761–6.
16. Vassilakopoulos T, Mastora Z, Katsaounou P, et al. Contribution of pain to inspiratory muscle dysfunction after upper abdominal surgery. A randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161:1372–5.
17. Paisani DM, Chiavegato LD, Faresin SM. Volumes, capacidades pulmonares e força muscular respiratória no pós-operatório de gastroplastia. *J Bras Pneumol*. 2005;31:125–32.
18. Dávila-Cervantes A, Borunda D, Dominguez-Cherit G, et al. Open versus laparoscopic vertical banded gastroplasty: a randomized controlled double blind trial. *Obes Surg*. 2002;12:812–8.
19. Lawrence VA, Cornell JE, Smetana GW. Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians. *Clinical Guideline*. *Ann Intern Med*. 2006;144:596–608.
20. Joris JL, Hinque VL, Laurent PE, et al. Pulmonary function and pain after gastroplasty performed via laparotomy or laparoscopy in morbidly obese patients. *Br J Anaesth*. 1998;80:283–8.
21. Nguyen NT, Lee SL, Goldman C, et al. Comparison of pulmonary function and postoperative pain after laparoscopic versus open gastric bypass: a randomized trial. *J Am Coll Surg*. 2001;192:469–77.
22. Olbers T, Lonroth H, Fagevik-Olsén M, et al. Laparoscopic gastric bypass: development of technique, respiratory function, and long-term outcome. *Obes Surg*. 2003;13:364–70.

23. Nguyen NT, Lee SL, Anderson JT, et al. Evaluation of intra-abdominal pressure after laparoscopic and open gastric bypass. *Obes Surg*. 2001;11:40–5.
24. Ayoub J, Cohendy R, Prioux J, et al. Diaphragm movement before and after cholecystectomy: a sonographic study. *Anesth Analg*. 2001;92:755–61.
25. Berdah SV, Picaud R, James Y. Surface diaphragmatic electromyogram changes after laparotomy. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002;22:157–60.
26. Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, et al. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications—a systematic review. *Chest*. 2001;120:971–8.

ANEXO II

Barbalho-Moulim MC, Miguel GPS, Forti EMP, Campos FA, Costa D. **Effects of preoperative inspiratory muscle training (IMT) in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion.** Artigo aceito para publicação na *Clinics* (ISSN 1807-5932) em 22 de Junho de 2011.



CLINICAL SCIENCE - Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion

Journal:	<i>Clinics</i>
Manuscript ID:	CLINICS-Jan-2011-OA-0043.R3
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	22-Jun-2011
Complete List of Authors:	Barbalho-Moulim, Marcela; Meridional Hospital, Physiotherapy; Federal University of São Carlos - UFSCar Miguel, Gustavo; Meridional Hospital Forti, Eli; UNIMEP Campos, Flavio; Meridional Hospital Costa, Dirceu; Federal University of São Carlos - UFSCar
Keywords:	respiratory muscle training, spirometry, diaphragm, respiratory muscle, bariatric surgery

SCHOLARONE™
Manuscripts

view

TITLE PAGE

TITLE: Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion

RUNNING TITLE: Preoperative IMT in bariatric surgery

Authors: Marcela Cangussu Barbalho-Moulim^{1*}, Gustavo Peixoto Soares Miguel³, Eli Maria Pazzianotto Forti⁴, Flávio do Amaral Campos⁵, Dirceu Costa².

1 – Physiotherapist: Master, Federal University of São Carlos (UFSCar) – São Carlos/SP and Meridional Hospital – Cariacica/ES, Brazil.

2 – Physiotherapist: PhD, UFSCar and UNINOVE – São Paulo/SP, Brazil.

3 – Physician (bariatric surgeon): PhD, Meridional Hospital – Cariacica/ES, Brazil.

4 – Physiotherapist: PhD, UNIMEP – Piracicaba/SP, Brazil.

5 – Physician (radiologist): Meridional Hospital – Cariacica/ES, Brazil.

***Corresponding Author:**

Address: St Hugo Musso, No. 2000/701 – Praia da Costa- Vila Velha/ES, Brazil

Telephone: 55 27 33462013 / 55 27 8149 2008

Email: marcelacbarbalho@hotmail.com / dcosta@uninove.br

Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion

ABSTRACT

OBJECTIVE: to determine whether preoperative inspiratory muscle training (IMT) is able to attenuate the impact of surgical trauma on the respiratory muscle strength, in the lung volumes and diaphragmatic excursion in obese women undergoing open bariatric surgery.

DESIGN: Randomized controlled trial.

SETTING: Meridional Hospital, Cariacica/ES, Brazil.

SUBJECTS: Thirty-two obese women undergoing elective open bariatric surgery were randomly assigned to receive preoperative inspiratory muscle training (IMT group) or usual care (control group).

MAIN MEASURES: Respiratory muscle strength (maximal inspiratory pressure – MIP and maximal expiratory pressure - MEP), lung volumes and diaphragmatic excursion.

RESULTS: After training, there was a significant increase only in the MIP in the IMT group. The MEP, the lung volumes and the diaphragmatic excursion did not show any significant change with training. In the postoperative period there was a significant decrease in MIP in both the groups. However, there was a decrease of 28% in the IMT group, whereas it was 47% in the control group. The decrease in MEP and in lung volumes in the postoperative period was similar between the groups. There was a significant reduction in the measures of diaphragmatic excursion in both the groups.

CONCLUSION: The preoperative IMT increased the inspiratory muscle strength (MIP) and attenuated the negative postoperative effects of open bariatric surgery in obese women for this variable, though not influencing the lung volumes and the diaphragmatic excursion.

NCT01321983

Keywords: Respiratory muscle training, spirometry, diaphragm, respiratory muscles, bariatric surgery, obesity.

Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion

INTRODUCTION

Patients undergoing bariatric surgery have an impaired lung function in the immediate postoperative period¹. As it is an upper abdominal surgery, changes are inherent to this procedure, such as reduced lung volume, increased respiratory rate, dysfunction of the respiratory muscle, loss of control of breathing and oxygenation and an increase in pulmonary secretion¹⁻⁴. Factors such as open surgery and obesity appear to emphasize the abovementioned changes^{1,5-7}.

It is widely acknowledged that the dysfunction of the respiratory muscles, especially the diaphragm, caused by the upper abdominal surgery is a major cause of postoperative pulmonary complications (PPC), such as atelectasis and pneumonia⁸. According to the literature data, the diaphragm muscle dysfunction after an abdominal surgery is mainly due to the reflex inhibition of the phrenic nerve caused by visceral manipulation and postoperative pain⁸.

Aiming to attenuate the negative effects of surgery in the postoperative period, especially with regard to the respiratory muscle dysfunction, several authors have recommended preoperative inspiratory muscle training (IMT)^{2,4,9,10}. According to Smetana, preoperative IMT appears to be an important strategy in the prevention of PPC and has been used by some authors in thoracic, cardiac and abdominal surgeries^{2,4,9,10}. However, there are no studies that evaluate the effect of preoperative IMT in obese patients undergoing open bariatric surgery, and only one study has reported the effects of postoperative IMT¹¹.

Therefore, the hypothesis of this study was that preoperative IMT is able to attenuate the negative effects of surgical trauma on respiratory muscle strength, lung volume and

diaphragmatic excursion, thus reducing the risk of PPC in obese patients undergoing open bariatric surgery.

PATIENTS AND METHODS

Patients

The trial was performed with obese patients who were candidates for elective open Roux-en-Y gastric bypass surgery from the Meridional Hospital (Cariacica, ES, Brazil). The inclusion criteria for the present study allowed only females over 18 years of age that did not smoke and did not have respiratory disease. The trial excluded patients who refused to participate in the steps of the research protocol, those with a history of prior abdominal surgery, those who were unable to understand and perform the tests properly as well as those who refused to sign the Informed Consent Form. The present study was approved by the Meridional Hospital Ethics Committee (protocol 02-28/2009).

Measurements

RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH: The respiratory muscle strength was determined by the maximal static respiratory pressure measured during the forced inspiration and expiration: maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP). The measurement was carried out using an aneroid manometer (Wika®, Brazil), calibrated in centimeters H₂O (± 300 cm H₂O) and equipped with a 2-mm hole to relieve the oral pressure. The procedure was carried out as described by the ATS (American Thoracic Society) and the ERS (European Respiratory Society)¹². MIP and MEP were determined using the residual volume and the total lung capacity, respectively, with the subjects in the sitting position. The inspiratory and expiratory efforts were held for at least 1 s. Patients performed at least three acceptable inspirations/expiration, while wearing a nose clip, to determine the two reproducible inspirations/expiration. The largest values were used in the analysis.

LUNG VOLUMES: The evaluation of the pulmonary function was conducted by conventional spirometry using a personal computer version of the NDD EasyOne™ Spirometer Model 2001 (Medizintechnik AG, Zurich, Switzerland). The parameters evaluated directly were as follows: volume, capacity, and flow of the lungs using the slow vital capacity (SVC), the forced vital capacity (FVC) and the maximum voluntary ventilation (MVV) tests, with volunteers in the sitting position and a minimum of three repetitions as recommended by the ATS and the ERS¹³. The obtained results were expressed in absolute values and as percentages of the predicted reference values for the Brazilian population¹⁴. The SVC test yielded the following variables: vital capacity (VC), tidal volume (VT), inspiratory reserve volume (IRV), and expiratory reserve volume. The FVC test allowed the determination of the forced expiratory volume in 1 s (FEV₁) and the FEV₁-to-FVC ratio.

DIAPHRAGMATIC EXCURSION: Diaphragmatic mobility was evaluated by chest X-ray, in the posteroanterior view, with the patients in the orthostatic position.

Two radiograph exposures of the same film under full inspiration and expiration were performed. Using the digitalized image of the radiograph, the axis (centimeters) and the area (square centimeters) of the right and the left dome of the diaphragm, between full inspiration and expiration, were calculated with software (UTHSCSA, Image Tool for Windows, version 1.28)¹⁵. The images were analyzed by the same radiologist, who was blinded to the information regarding to which group each patient belonged.

Protocol

Preoperative assessment (T1)

In the first evaluation, the patients were informed about the research protocol, requested to sign the Informed Consent Term and then randomly assigned to the IMT group or the control group by opening a sealed envelope. In addition, baseline characteristics, such as

name, age, sex, weight, height, waist-hip ratio, smoking history, presence of chronic lung disease or respiratory symptoms (cough, secretion, dyspnea, and chest pain) and other comorbidities were evaluated. Additionally, tests were also conducted to assess the respiratory muscle strength, spirometry and diaphragmatic excursion.

Intervention (T2)

In the IMT group, training was performed 2-4 weeks before the surgery using the Threshold® IMT (Respironics, Pittsburgh, PA, USA). The program consisted of one daily session that lasted 15 minutes, 6 times per week, two times supervised by the physiotherapist and unsupervised the other four times. The initial load was calculated at 30% MIP, measured in the preoperative evaluation and re-calculated after a new measure of this variable at each visit to the physiotherapist^{4,10}. Patients in the control group (CG) received no intervention in the preoperative period.

Patients in the IMT and control groups were assessed 2 to 3 days before the surgery with the same preoperative testing. In addition, the patients also received instructions about the care to be taken after the surgery, the importance of cough and early ambulation.

Postoperative Assessment (T3)

Patients were evaluated on the first postoperative day (D1) with the same preoperative testing, and they were followed until discharge from the hospital.

Evaluations were performed only in the afternoon and after the administration of analgesics. Postoperative pain was subjectively rated before conducting the tests using the visual analogue scale (VAS), which ranged from 0 (no pain) to 10 (intense pain).

Patients were submitted to daily chest physiotherapy that was standardized for both groups on the day of the surgery and during the entire stay in the hospital. Each physiotherapy session consisted of diaphragmatic breathing, incentive spirometry, assisted cough, circulatory exercises and early ambulation. The postoperative pulmonary complications considered were

as follows: pneumonia (body temperature $\geq 38^{\circ}\text{C}$, productive cough with purulent sputum, presence of pulmonary infiltration on chest X-ray examination, and increased leukocyte count), atelectasis with clinical implications (evidence of pulmonary atelectasis in the chest X-ray associated with respiratory discomfort) and acute respiratory failure (acute inability of the lungs to promote gas exchange, demanding the used of mechanical ventilation)¹⁶.

Statistical Analysis

To calculate the sample size, the percentage difference of MIP between evaluation T1 and T3 ($(T1-T3/T1 * 100)$) between the IMT and control groups was considered as a variable, and the t-test for independent samples was used. Considering the power of 80% and a significance level of 5%, a value of 16 volunteers for each group was determined.

The Shapiro-Wilk test was used to calculate the normality of data. Subsequently, for the analysis of the baseline characteristics (Table 01) and surgery data (Table 02), the t-test was used for the independent samples for variables with normal distribution, the Mann-Whitney test for variables not normally distributed and the Chi-square test for nominal variables.

For the analysis of the variables, ANOVA-repeated measures followed by Bonferroni correction were used to compare the three assessments (T1, T2 and T3) in both groups (Table 03).

In addition, the percentage difference of T1 vs. T2 and T1 vs. T3 evaluations between the IMT and control groups was compared using the t-test for independent samples (Table 03).

RESULTS

Baseline characteristics

Sixty-five patients who were candidates for elective open bariatric surgery, aged 21-52 years and with BMI $35-53 \text{ kg/m}^2$, were evaluated. Of these, 33 were excluded: six by opting to perform surgery by laparoscopy, two for not performing the tests properly, one for already

having a previous abdominal surgery and 24 who did not participate in all the stages of the research protocol (Figure 01).

Thus, the data from the remaining 32 patients were evaluated. The IMT group comprised 15 patients, while the control group comprised 17 patients. There was no statistical difference between the groups regarding age, BMI and comorbidities. However, there was statistical significance only for the variable waist-hip ratio (Table 01).

Surgery Data

The patients underwent open Roux-en-Y gastric bypass surgery, which was performed by the same surgeon. The duration of anesthesia ranged from 120 to 240 minutes, and there was no statistically significant difference between the groups (Table 02).

The majority of the patients remained in the hospital for two days. However, two patients in the control group needed to stay one day longer; one was hospitalized for having difficulty accepting the diet, while the other was hospitalized for abdominal pain and nausea (Table 02).

There was no statistical difference in the subjective sensation of pain assessed by VAS between the groups. None of the patients studied had any postoperative pulmonary complications (Table 02).

Respiratory muscle strength

Based on the data shown in Table 03, the groups were similar in the variables MIP and MEP in the preoperative assessment (T1) before the training, which demonstrated the homogeneity of the sample population.

There was an increase in the MIP only in the IMT group. Training did not influence the MEP because there was no significant change in both groups (Table 03; Figure 02 and 03).

In the postoperative period, there was a significant decrease in MIP and MEP in both groups. However, there was a decrease of 28% in the IMT group compared to 47% in the

control group ($p < 0.05$). The decrease in MEP in the postoperative period was similar between the groups (Table 03; Figure 02 and 03).

Lung Volumes

In the preoperative assessment (T1), the lung volumes (VC, VT, IRV, ERV, FVC, FEV₁ and MVV) were similar in both groups, which demonstrated the homogeneity of the sample population.

Also, there was no change in the lung volume after the training period (T2) (Table 03).

Although there was a significant decrease in the VC, IRV, FVC, FEV₁ and MVV in both groups in the postoperative period, the ERV remained statistically unchanged in the IMT group only. Furthermore, the VT did not decrease in the postoperative period in both groups (Table 03).

Diaphragmatic excursion

In the preoperative assessment (T1), there was no significant difference between the IMT and control groups for the measures of diaphragmatic excursion, which demonstrated the homogeneity of the sample population.

Moreover, measures of diaphragmatic excursion did not show any significant change with training (Table 03).

In the postoperative period, there was a significant reduction in the measures of diaphragmatic excursion in both groups, although the reduction was not statistically different (Table 03).

Discussion

Based on the results of this study, preoperative IMT attenuates the negative effects of open bariatric surgery in the inspiratory muscle strength (MIP). However, IMT did not appear to influence the lung volume and diaphragmatic excursion.

Other studies concerning the preoperative IMT, conducted at least 2 weeks before the upper abdominal surgery, also showed attenuation of the reduction in MIP^{2,4}. Kulkarni et al.² observed that MIP did not reduce the postoperative period in the IMT group. The present results showed a significant postoperative reduction in MIP in both groups. However, this reduction was lower in the IMT group because the protocol of the present study was training for 15 minutes once a day, while in the above mentioned study², the training was twice daily. Additionally, the Kulkarni et al.² study included open and laparoscopic surgeries, and there was no mention of any obese patients. Thus, the above mentioned facts could have contributed to reducing the impact of surgery in the MIP.

Barbalho-Moulim et al.¹ compared the effects on the lung function of open and laparoscopic bariatric surgery without any specific preoperative training. A 23% postoperative decrease in MIP was observed in the laparoscopic surgery patients compared to a 37% decrease in the open surgery patients. In the present study, the MIP decreased less than 23% for 7 patients in the IMT group and only one in the control group ($p < 0.05$), suggesting that the preoperative IMT in the open bariatric surgery could make an equivalent value of the MIP in the laparoscopic surgery.

IMT did not attenuate the negative effects of surgery in the MEP, which could be due to a surgical incision that caused direct trauma to the abdominal muscles and impaired the functioning of these muscles¹. The MEP decreased 56 and 55% in the IMT and control groups, respectively, for the patients studied. These values are similar to those assessed by Barbalho-Moulim et al.¹, where the MEP fell 61% in open surgery patients while the decrease was 27% in laparoscopic surgery patients; this was because of lower trauma to the abdominal muscles.

In a recently published study¹¹, the authors evaluated the effect of IMT on bariatric surgery, however, in the postoperative period. Similar to our results, the authors also reported an increase in MIP in the IMT group compared with the control group but without a significant effect on MEP; this may be because the training was directed at the inspiratory muscles¹¹. In

addition, other modalities of training also influenced the respiratory muscle strength in the postoperative period of bariatric surgery¹⁷.

According to the literature data, the dysfunction of the respiratory muscles is considered the main cause of PPC^{2,8}, which can cause alveolar collapse that contributes to the formation of atelectasis leading to pulmonary infections¹⁸. Thus, IMT appears to be an alternative to prevent these complications^{2,4,5,10}. In the present study, CPP was not observed in either group, which can be attributed to the fact that although these patients manifested risk factors for this kind of a complication, such as obesity, open upper abdominal surgery and anesthesia time of more than 180 minutes⁵, they were young, without chronic respiratory diseases and subjected to postoperative chest physiotherapy. To test the above mentioned hypothesis, further studies are required to evaluate patients undergoing open bariatric surgery with other risk factors, such as age over 60 years, smoking or chronic lung disease⁵.

The lung volumes did not change with training and showed a similar decrease postoperatively in both groups, concluding that IMT does not influence these variables. Similar results were also found in the study by Dronkers et al.⁴, which demonstrated that although IMT improved MIP, it did not affect the values of vital capacity.

In situations where the response was related to the type of training offered (specificity of training), the training should be aimed at increasing the lung volumes. Thus, the lung expansion modalities could increase the values of the lung volumes assessed by spirometry. However, Kulkarni et al.² and Cattano et al.¹⁹, who reported preoperative training with incentive spirometry and deep breathing, observed that this type of intervention had no effect on postoperative lung volumes.

According to the results of the current study, there was no increase in the diaphragmatic motion after the training period. As a result of obesity, the patients had a mechanical restriction of diaphragmatic excursion caused by the deposition of fat in the abdomen that compressed the chest. This compression resulted in excessive strain to the

diaphragm, causing mechanical disadvantage to that muscle and thereby reducing its strength and efficiency²⁰. Thus, as obesity is not attenuated with the training proposed in the present study, the effect of diaphragmatic mobility in the study population is limited.

The impact of surgery on the diaphragmatic excursion was slightly lower in the IMT group, although the difference was not statistical significance. The reduced movement of the diaphragm muscle in the postoperative period of open bariatric surgery has been reported by the abovementioned authors¹. This reduction was observed because the surgery affected the compliance of the abdomen and increased the intra-abdominal pressure²¹, thereby inhibiting the action of the muscle by the reflex mechanisms^{22,23}. When associated with the impaired chest mechanics due to obesity, those changes further decreased the diaphragmatic mobility²⁰. There are no studies on preoperative IMT in bariatric surgery that evaluated the diaphragmatic excursion to compare to the results of the present study. However, intensive training (longer duration or frequency) and/or with different loads could possibly facilitate IMT to exert some effect on this variable. **In addition, it is likely that IMT could demonstrate better results for non-obese patients because they did not present the chest mechanics restriction of diaphragmatic excursion like the obese patients and they have lower respiratory muscle strength^{24,25}.**

CONCLUSION

Preoperative IMT increased the inspiratory muscle strength (MIP) and attenuated the negative postoperative effects of open bariatric surgery in obese women for this variable, although it did not influence lung volume. The diaphragmatic excursion appears to have been slightly influenced²⁰ by IMT. However, more studies with different protocols are required to evaluate the effect of IMT on the prevention of diaphragmatic dysfunction in the postoperative period of open bariatric surgery.

CLINICAL MESSAGES

- Preoperative IMT attenuated the negative postoperative effects of open bariatric surgery in obese women on inspiratory muscle strength.
- Whereas dysfunction of the respiratory muscles is the main cause of postoperative pulmonary complications after abdominal surgery, preoperative IMT may be an alternative to prevent such complications.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare that there is no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the patients, the BIOSCAN Meridional and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Proc. Nº 579981/2008-8 for their contribution and support.

REFERENCES

- 1 – 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: 194-199. DOI 10.1007/s11695-009-9823-9
- 2 – Kulkarni SR, Fletcher E, McConnell AK, Poskitt KR, Whyman MR. Pre-operative inspiratory muscle training preserves postoperative inspiratory muscle strength following major abdominal surgery – a randomised pilot study. *Ann R Coll Surg Engl* 2010; **92**: 700–705.
- 3 – Manzano RM, Carvalho CRF, Saraiva BM, Vieira RJE. Chest physiotherapy during immediate postoperative period among patients undergoing upper abdominal surgery: randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J.* 2008; 126(5): 269-73.

- 4 - Dronkers J, Veldman A, Hoberg E, van der Waal C. Prevention of pulmonary complications after upper abdominal surgery by preoperative intensive inspiratory muscle training: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehab*. 2008; 22: 134–142.
- 5 - Smetana GW. Postoperative pulmonary complications: An update on risk assessment and reduction. *Cleve Clin J Med*. 2009; 76 Suppl 4: S60-5.
- 6 - Eichenberger AS, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, et al. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Analg*. 2002; 95: 1788-92.
- 7 - Weller WE, Rosati C. Comparing outcomes of laparoscopic versus open bariatric surgery. *Ann Surg* 2008; 248:10–15.
- 8 - Laghi F and Tobin MJ. Disorders of the Respiratory Muscles. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003; 168: 10–48.
- 9 - Nomori H, Kobayashi R, Fuyuno G, Morinaga S and Yashima H. Preoperative respiratory muscle training. Assessment in thoracic surgery patients with reference to postoperative pulmonary complications. *CHEST*. 1994; 105(6): 1782-8.
- 10 – Hulzebos EHJ, Helders PJM, Favie NJ, de Bie RA, de la Riviere AB, van Meeteren NLU. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery. *JAMA*. 2006; 296(15): 1851-7.
- 11 – Casali CCC, Pereira APM, Martinez JAB, Souza HCD, Gastaldi AC. Effects of inspiratory muscle training on muscular and pulmonary function after bariatric surgery in obese patients. *Obes Surg*. 2011. DOI 10.1007/s11695-010-0349-y
- 12 - American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166: 518–624.
- 13 – Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A et al. ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005; 26(2): 319-38.

- 14 – Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol*. 2007; 33(4): 397-406.
- 15 – Fernandes M, Cukier A, Ambrosino N, Leite JJ, Zanetti Feltrim MI. Respiratory pattern, thoracoabdominal motion and ventilation in chronic airway obstruction. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2007; 67(4): 209-216.
- 16 – McAlister FA, Bertsch K, Man J, Bradley J, Jacka M. Incidence of and Risk Factors for Pulmonary Complications after Nonthoracic Surgery. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005; 171: 514–17.
- 17 – Forti E, Ike D, Barbalho-Moulim M, Rasera I Jr, Costa D. Effects of chest physiotherapy on the respiratory function of postoperative gastroplasty patients. *Clinics (Sao Paulo)*. 2009;64(7):683-9.
- 18 - Nguyen NT, Goldman C, Rosenquist CJ, Arango A, Cole CJ, Lee SJ, et al. Laparoscopic versus open gastric bypass: a randomized study of outcomes, quality of life, and costs. *Ann Surg*. 2001;234(3):279-89.
- 19 – Cattano D, Altamirano A, Vannucci A, Melnikov V, Cone C, Hagberg CA. Preoperative use of incentive spirometry does not affect postoperative lung function in bariatric surgery. *Translational Research*. 2010; 156: 265-72.
- 20 - Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*. 2001; 321:249–79.
- 21 - Nguyen NT, Lee SL, Anderson JT, et al. Evaluation of intraabdominal pressure after laparoscopic and open gastric bypass. *Obes Surg*. 2001;11: 40–5.
- 22 - Soo Hwan Kim, Sungwon Na, Jin-Sub Choi, Se Hee Na, Seokyoung Shin and Shin Ok Koh. An Evaluation of Diaphragmatic Movement by M-Mode Sonography as a Predictor of Pulmonary Dysfunction After Upper Abdominal Surgery. *Anesth Analg*. 2010;110: 1349–54.
- 23 – Berdah SV, Picaud R and Jammes Y. Surface diaphragmatic electromyogram changes after Laparotomy. *Clin Physiol & Func Im*. 2002; 22: 157–60.

24 - Sabino PG, Silva BM, Brunetto AF. Nutritional status is related to fat-free mass, exercise capacity and inspiratory strength in severe chronic obstructive pulmonary disease patients. Clinics (Sao Paulo). 2010 Jun;65(6):599-605.

25 – Costa D, Barbalho MC, Miguel GPS, Forti EMP, Azevedo JLMC. The impact of obesity on pulmonary function in adult women. Clinics (Sao Paulo). 2008 63(6): 719-24.

For Peer Review

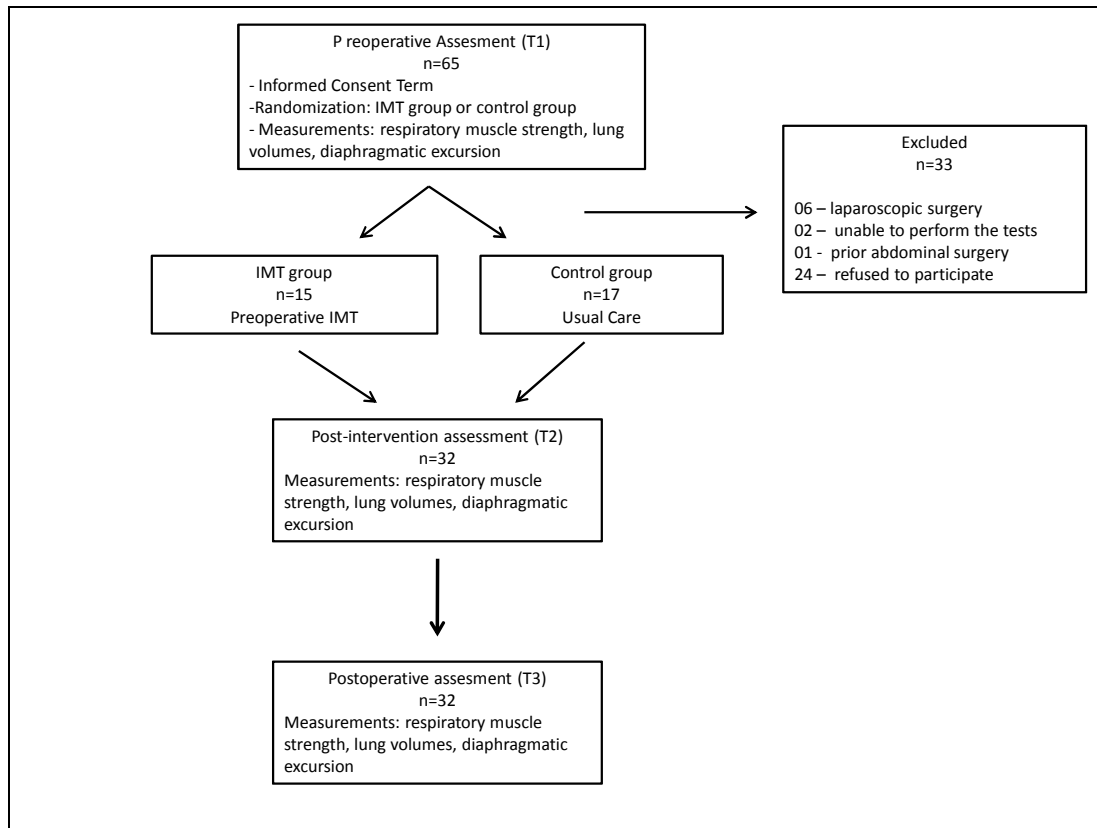


Figure 01 – Flowchart of the study participants.

Review

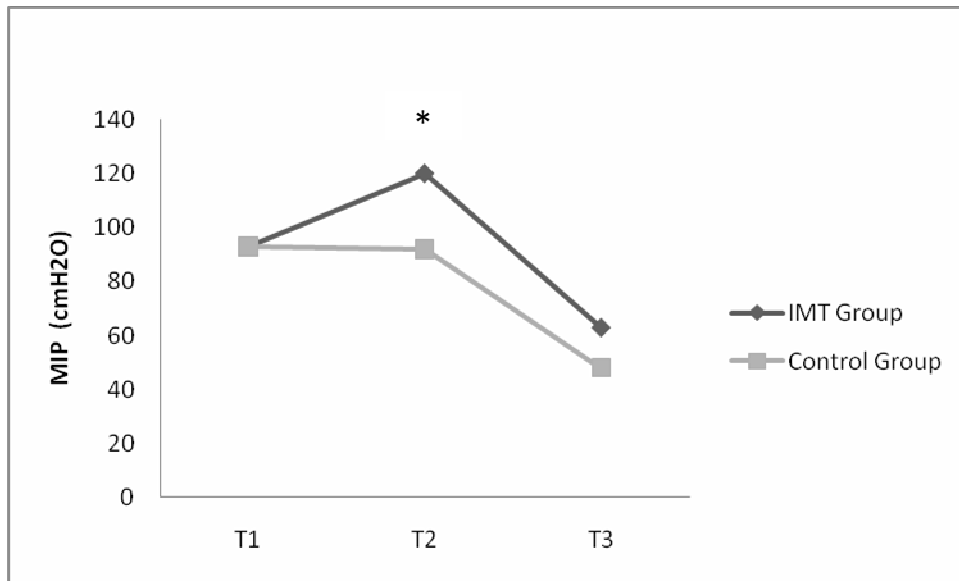


FIGURE 02 – MIP evaluations of T1, T2 and T3 in IMT (n=15) and control (n=17) groups.
***Difference between IMT and Control groups (T2), $p < 0.05$. (values expressed as mean)**

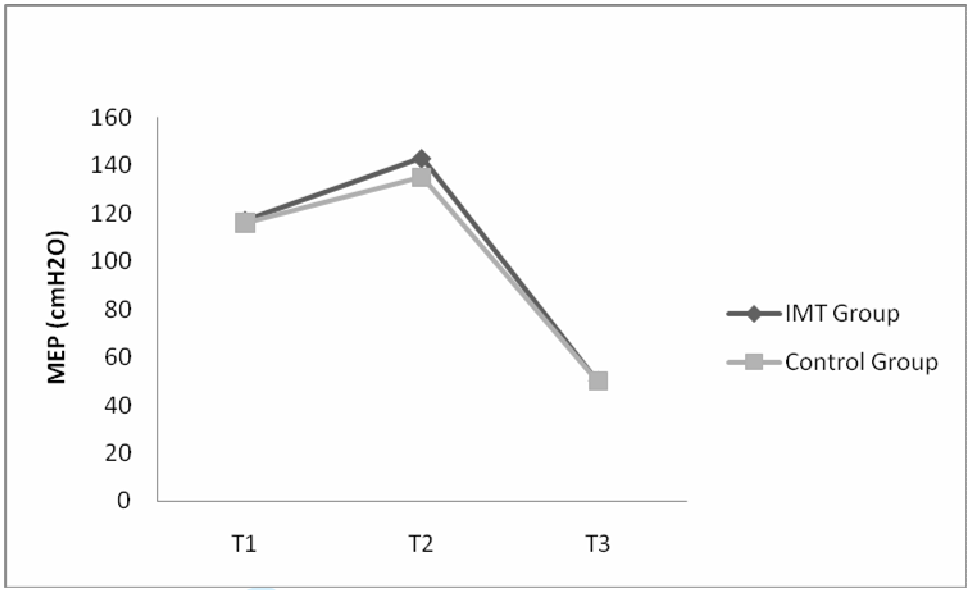


FIGURE 03 – MEP evaluations of T1, T2 and T3 in IMT (n=15) and Control (n=17) groups. (values expressed as mean)

Peer Review

TABLE 01 – Baseline characteristics (values expressed as mean and SD)

Variable	IMT Group (n=15)	Control Group (n=17)	
Age (years)	36.13 ± 8.12	34.8 ± 9.47	p= 0.679
BMI (kg/m ²)	41.55 ± 4.74	42.10 ± 2.98	p= 0.745
W/H ratio	0.96 ± 0.09	0.89 ± 0.07	p= 0.025
Hypertension	9	7	p = 0.287
Diabetes mellitus	3	3	p= 0.864
Dyslipidemia	2	2	p= 0.893

BMI: body mass index; W/H ratio: waist/hip ratio.

For Peer Review

TABLE 02 – Surgery Data (values expressed as mean and SD)

Variable	IMT Group (n=15)	Control Group (n=17)	
Duration of anesthesia (min)	185.33 ± 28.06	176.47 ± 23.89	p= 0.342
Hospital stay (days)	2 ± 0.0	2.11 ± 0.33	p= 0.571
VAS	4.46 ± 1.30	4.35 ± 1.62	p= 0.829
PPC	0	0	

VAS: visual analogue scale of pain; PPC: postoperative pulmonary complications

For Peer Review

TABLE 03 – Respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion, IMT and Control groups (values expressed as mean and SD)

Variable	IMT Group (n=15)					Control Group (n=17)				
	Preoperative (T1)	After intervention (T2)	% Dif T1 vs. T2	Postoperative (T3)	% Dif T1 vs. T3	Preoperative (T1)	After intervention (T2)	% Dif T1 vs. T2	Postoperative (T3)	% Dif T1 vs. T3
MIP (cmH ₂ O)	93.33 ± 23.80	120.00 ± 20.35 [*]	↑ 33 %	63.34 ± 21.60 [§]	↓ 28%	92.94 ± 18.63	91.76 ± 20.38	↓ 1%	48.82 ± 19.32 [§]	↓ 47% [#]
MEP (cmH ₂ O)	117.33 ± 34.53	142.66 ± 28.90	↑ 26%	49.66 ± 22.71 [§]	↓ 56%	116.47 ± 32.39	135.29 ± 34.11	↑ 19%	49.70 ± 22.39 [§]	↓ 55%
VC (L)	3.22 ± 0.27	3.17 ± 0.31	↓ 1.5%	2.07 ± 0.52 [§]	↓ 35%	3.22 ± 0.54	3.29 ± 0.48	↑ 1.5%	1.95 ± 0.46 [§]	↓ 39%
%VC	90.66 ± 7.84	89.53 ± 8.47	↓ 1%	58.66 ± 15.55 [§]	↓ 35%	88.52 ± 8.66	90.94 ± 7.28	↑ 1.5%	54.17 ± 12.43 [§]	↓ 39%
VT (L)	0.93 ± 0.34	0.90 ± 0.29	↓ 3%	0.65 ± 0.21	↓ 23%	0.79 ± 0.27	0.80 ± 0.32	↑ 1%	0.58 ± 0.19	↓ 23%
IRV (L)	1.78 ± 0.47	1.74 ± 0.43	↓ 2%	1.11 ± 0.27 [§]	↓ 37%	1.83 ± 0.52	1.77 ± 0.58	↓ 4%	1.08 ± 0.36 [§]	↓ 41%
ERV(L)	0.50 ± 0.20	0.53 ± 0.19	↑ 6%	0.33 ± 0.19	↓ 30%	0.57 ± 0.28	0.68 ± 0.24	↑ 19%	0.28 ± 0.15 [§]	↓ 50%
FVC (L)	3.20 ± 0.26	3.16 ± 0.29	↓ 1%	2.14 ± 0.52 [§]	↓ 33%	3.32 ± 0.50	3.35 ± 0.49	↑ 1%	2.02 ± 0.49 [§]	↓ 39%
%FVC	90.26 ± 7.29	89.01 ± 7.06	↓ 1%	60.20 ± 14.43 [§]	↓ 33%	90.17 ± 8.20	91.01 ± 8.52	↑ 1%	55.58 ± 12.52 [§]	↓ 39%
FEV ₁ (L)	2.71 ± 0.21	2.64 ± 0.24	↓ 3%	1.77 ± 0.47 [§]	↓ 35%	2.80 ± 0.43	2.81 ± 0.40	↑ 0.4%	1.71 ± 0.42 [§]	↓ 39%
%FEV ₁	91.93 ± 7.41	89.53 ± 6.78	↓ 3%	60.06 ± 15.69 [§]	↓ 35%	91.52 ± 7.18	92.23 ± 7.98	↑ 0.4%	56.41 ± 13.42 [§]	↓ 39%
MVV (L/min)	108.55 ± 19.90	102.32 ± 20.65	↓ 6%	73.71 ± 21.16 [§]	↓ 32%	107.89 ± 16.13	107.61 ± 17.91	↓ 0.3%	71.69 ± 19.32 [§]	↓ 33%
%MVV	76.33 ± 11.38	72.13 ± 13.03	↓ 6%	52.73 ± 18.96 [§]	↓ 32%	76.41 ± 11.43	76.41 ± 11.95	↓ 0.3%	51.47 ± 14.03 [§]	↓ 33%
Axis hemidiaphragmatic R (cm)	4.80 ± 1.34	4.51 ± 1.47	↓ 6%	2.69 ± 1.09 [§]	↓ 44%	4.66 ± 1.36	4.48 ± 1.59	↓ 4%	2.28 ± 1.01 [§]	↓ 51%
Axis hemidiaphragmatic L (cm)	4.77 ± 1.40	4.42 ± 1.44	↓ 7%	2.70 ± 1.20 [§]	↓ 43%	4.77 ± 1.18	4.80 ± 1.38	↑ 0.6%	2.43 ± 1.20 [§]	↓ 49%
Area hemidiaphragmatic R (cm ²)	51.46 ± 19.62	49.82 ± 20.89	↓ 1%	28.74 ± 13.33 [§]	↓ 44%	47.51 ± 15.42	48.16 ± 17.77	↑ 3%	24.48 ± 12.37 [§]	↓ 47%
Area hemidiaphragmatic L (cm ²)	49.66 ± 21.14	47.31 ± 19.45	↓ 4%	28.28 ± 13.32 [§]	↓ 43%	47.38 ± 14.89	50.43 ± 16.21	↑ 6%	24.10 ± 12.66 [§]	↓ 49%

MIP: maximal inspiratory pressure; MEP: maximal expiratory pressure; VC: vital capacity; %VC: percentage of predicted vital capacity; VT: tidal volume; IRV: inspiratory reserve volume; ERV: expiratory reserve volume; FVC: forced vital capacity; %FVC: percentage of predicted forced vital capacity; FEV₁: forced expiratory volume in one second; %FEV₁: percentage of predicted forced expiratory volume in one second; MVV: maximum voluntary ventilation; %MVV: percentage of predicted maximum voluntary ventilation; *Difference between evaluation T1 vs. T2, p<0.05; § Difference between evaluation T1 vs. T3, p<0.05; # Difference between percentage difference T1 vs. T3 (%Dif T1 X T3) of evaluation in IMT Group and Control Group, p<0.05.



www.journalexperts.com

American Journal Experts Editorial Certification

This document certifies that the manuscript titled "Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion" was edited for proper English language, grammar, punctuation, spelling, and overall style by one or more of the highly qualified native English speaking editors at American Journal Experts. Neither the research content nor the authors' intentions were altered in any way during the editing process.

Documents receiving this certification should be English-ready for publication - however, the author has the ability to accept or reject our suggestions and changes. To verify the final AJE edited version, please visit our verification page. If you have any questions or concerns over this edited document, please contact American Journal Experts at support@journalexperts.com

Manuscript title: Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes and diaphragmatic excursion

Authors: Marcela Cangussu Barbalho-Moulim^{1*}, Gustavo Peixoto Soares Miguel³, Eli Maria Pazzianotto Forti⁴, Flávio do Amaral Campos⁵, Dirceu Costa².

Key: 185D-A90E-8937-6FC0-94CC

This certificate may be verified at www.journalexperts.com/certificate

American Journal Experts is an association of Ph.Ds and Ph.D. graduate students from America's top 10 research universities. Our editors come from nearly every research field and possess the highest qualifications to edit research manuscripts written by non-native English speakers. We provide the quickest turnaround times at the lowest prices in the industry. For more information, please visit www.journalexperts.com, or for volume discounts for academic journals, please contact us by email at sales@journalexperts.com

ScholarOne, 375 Greenbrier Drive, Charlottesville, VA, 22901

ANEXO III

Costa D, Barbalho-Moulim MC, Miguel GPS, Forti EMP, Campos FA. **Pulmonary function after weight loss in obese women undergoing Roux-en-Y gastric bypass: one year follow up.** Artigo submetido à *Obesity: a research journal* em 14 de Julho de 2011.

obesity

Pulmonary function after weight loss in obese women undergoing Roux-en-Y gastric bypass: one year follow up

Journal:	<i>Obesity</i>
Manuscript ID:	11-0660-Orig
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	14-Jul-2011
Complete List of Authors:	Costa, Dirceu; Univesidade Nove de Julio, Ciências da Reabilitação Barbalho-Moulim, Marcela; Meridional Hospital, Physiotherapy Soares Miguel, Gustavo; Meridional Hospital, Surgery Pazzianotto Forti, Eli; Methodist University of Piracicaba, Physiotherapy Campos, Flávio; Meridional Hospital, Surgery
Keywords:	Bariatric Surgery, Muscle, Physical Therapy, Weight Loss, Obesity

SCHOLARONE™
Manuscripts

TITLE PAGE

TITLE: Pulmonary function after weight loss in obese women undergoing Roux-en-Y gastric bypass: one year follow up.

Authors: Dirceu Costa^{1*}, Marcela Cangussu Barbalho-Moulim^{2*}, Gustavo Peixoto Soares Miguel³, Eli Maria Pazzianotto Forti⁴, Flávio do Amaral Campos⁵.

1 – Physiotherapist: PhD, UFSCar – São Carlos/SP and Nove de Julho University (UNINOVE) – São Paulo/SP, Brazil.

2 – Physiotherapist: PhD, Federal University of São Carlos (UFSCar) – São Carlos/SP and Meridional Hospital – Cariacica/ES, Brazil.

3 – Physician: PhD, Meridional Hospital – Cariacica/ES, Brazil.

4 – Physiotherapist: PhD, Methodist University of Piracicaba (UNIMEP) – Piracicaba/SP, Brazil.

5 - Physician: Specialist, Meridional Hospital – Cariacica/ES, Brazil.

***Corresponding Author:**

Dirceu Costa / Marcela Cangussu Barbalho-Moulim

Address: St Hugo Musso, No. 2000/701 – Praia da Costa- Vila Velha/ES, Brazil

Telephone: 55 27 30521220 / 55 27 8149 2008

Email: marcelacbarbalho@hotmail.com / dcosta@uninove.br

Financial support: cnpq – process nº: Nº 579981/2008-8

RUNNING HEAD: Pulmonary function after weight loss.

Key-words: Obesity, Bariatric surgery, spirometry, muscle strength, weight loss.

DISCLOSURE

The authors declare that there is no conflict of interest or competing financial interest related to the work described.

1
2
3 **TITLE: Pulmonary function after weight loss in obese women undergoing Roux-en-Y**
4
5
6 **gastric bypass: one year follow up.**
7
8
9

10
11
12 **ABSTRACT**
13

14
15
16 The objective of the study was to evaluate the effect of weight loss, on pulmonary
17 function in obese women and their effects on lung volumes and respiratory muscle
18 strength. This is a prospective and longitudinal study. The research involved obese
19 women candidates for elective Roux-en-Y gastric bypass. Respiratory evaluation was
20 carried out during the preoperative period and one year after surgery, by using
21 spirometry and measurement the maximal static respiratory pressures. Fourteen
22 patients (age = $42,6 \pm 14,4$ years and body mass index (BMI) = $39,9 \pm 3,4$ kg/m²) were
23 evaluated preoperatively and 1 year after surgery. There was an increase in VC (vital
24 capacity), FVC (forced vital capacity), FEV₁ (forced expiratory volume in 1s) and MVV
25 (maximum voluntary ventilation). There was also an increase in ERV (expiratory
26 reserve volume) and reduction of IRV (inspiratory reserve volume). There was a
27 reduction in the values of maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory
28 pressure (MEP). So, we conclude that the weight loss induced by Roux-en-Y gastric
29 bypass provides an improvement in ventilatory mechanics, increased lung volumes and
30 respiratory endurance of obese women (MVV). Moreover, there is also a reduction in
31 respiratory muscle strength, probably caused by loss of lean body mass and the
32 reduction the burden breathing after weight loss.
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42

43 **Keywords: Obesity, bariatric surgery, spirometry, muscle strength, weight loss.**
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 **TITLE: Pulmonary function after weight loss in obese women undergoing Roux-en-Y**
4
5
6 **gastric bypass: one year follow up.**
7

8
9 **INTRODUCTION:**
10

11
12 Obesity is a condition that causes damage to the various body functions, such
13 as cardiovascular, musculoskeletal, and metabolic functions amongst others (1). The
14
15 respiratory function is also affected by obesity, as excess fat deposited on the chest
16
17 wall and the abdominal cavity affects the chest mechanics. This results in increased
18
19 work of breathing, reduced lung volumes, dysfunction of the respiratory muscle,
20
21 impairment in gas exchange and reduced exercise tolerance (2-8).
22
23
24
25
26
27

28
29 A few studies have demonstrated that weight loss due to bariatric surgery has
30
31 resulted in a huge improvement in some functions, such as decrease in hemoglobin
32
33 and hematocrit (9), decreased heart rate and oxygen consumption (9), and reduction
34
35 of insulin resistance (10). In addition, especially improved lung function with increased
36
37 forced vital capacity (FVC) (3,11,12) and forced expiratory volume in one second
38
39 (FEV₁), improved alveolar-capillary diffusion capacity (9) and improvement in gas
40
41 exchange (11,12) have also been observed.
42
43
44
45

46
47 There is strong evidence supporting the increase in FVC and ERV (expiratory
48
49 reserve volume) after weight loss caused by the bariatric surgery (3,11,12). However,
50
51 controversy still persists regarding the behavior of the respiratory muscle strength and
52
53 IRV (inspiratory reserve volume) after weight loss caused by the Roux-en-Y gastric
54
55 bypass surgery.
56
57
58
59
60

1
2
3 The objective of the present study was to evaluate the effect of weight loss,
4
5 after 1 year of the Roux-en-Y gastric bypass surgery (RYGB), on the lung volumes and
6
7 the respiratory muscle strength in obese women.
8
9

10 11 **METHODS AND PROCEDURES:**

12 13 ***Patients***

14
15 Were recruited 58 obese women candidates for RYGB at the XXXXXXXX Hospital.
16
17 However, only 14 of them participated in the entire study, since the other patients did
18
19 not attend the assessment 1 year after surgery, because they quit or other personal
20
21 difficulties. So, the final sample consisted of 14 obese patients. It was included patients
22
23 with body mass index (BMI) 35 – 50 kg/m² and if they met the minimal criteria for
24
25 bariatric surgery proposed by the World Health Organization (WHO) report of 2000¹².
26
27 The following were not included in the study: patients suffering from pulmonary
28
29 diseases or those unable to carry out the pulmonary function tests adequately,
30
31 smokers, patients who did not attend the re-evaluation 1 year after surgery and
32
33 patients refusing to sign the Informed Consent Term. The present study was approved
34
35 by the XXXXXXXX Ethics Committee (protocol number 01/07).
36
37
38
39
40
41
42
43
44

45 46 ***Pulmonary Function Tests***

47
48 The evaluation of the pulmonary function was carried out by conventional
49
50 spirometry using a personal computer version of the NDD EasyOne™ Spirometer
51
52 Model 2001 (Medizintechnik AG, Zurich, Switzerland). Parameters, such as volume,
53
54 capacity, and flow of the lungs were directly evaluated by using the slow vital capacity
55
56 (SVC), the forced vital capacity (FVC), and the maximum voluntary ventilation (MVV)
57
58 tests, with volunteers in a sitting position and a minimum of three repetitions, as
59
60

1
2
3 recommended by the American Thoracic Society (ATS) and the European Respiratory
4
5 Society (ERS) (13). The obtained results were expressed in absolute values and as
6
7 percentages of the predicted reference values for the Brazilian population (14). The
8
9 SVC test produced the following variables: vital capacity (VC), tidal volume (VT),
10
11 inspiratory reserve volume (IRV), and expiratory reserve volume (ERV). The FVC test
12
13 allowed the determination of the forced expiratory volume in 1 s (FEV₁) and the FEV₁
14
15 /FVC ratio. The MVV (variable that evaluates the respiratory endurance), was expressed
16
17 in liters per minute and as a percentage of the predicted reference value for the
18
19 Brazilian population (14).
20
21
22
23
24
25
26

27 The respiratory muscle strength was determined through the maximal static
28
29 respiratory pressures measured during forced inspiration and expiration — maximal
30
31 inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP). The measurement
32
33 was carried out using an aneroid manometer (Wika®, Ipero-SP, Brazil), calibrated in
34
35 centimeter H₂O (±300 cm H₂O) and equipped with a 2-mm hole to relieve the oral
36
37 pressure. The procedure was carried out as described by ATS/ERS (15). MIP and MEP
38
39 were determined using the residual volume and the total lung capacity, respectively,
40
41 with the subjects in a sitting position. The inspiratory and expiratory efforts were held
42
43 for at least 1 second. Patients carried out at least three acceptable
44
45 inspirations/expirations wearing a nose clip for determining the two reproducible
46
47 inspirations/expirations. The highest values were used in the analysis. The MIP and
48
49 MEP values were also expressed as percentages of the predicted values, according to
50
51 the equation proposed by Neder et al (16).
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 One year after surgery, the patients were asked to return for a re-evaluation of
4 the pulmonary function tests, spirometry and respiratory muscle strength, as it was
5 done in the preoperative period.
6
7
8
9

10 11 ***Statistical Analysis*** 12

13
14 The data collected were expressed as mean \pm standard deviation and analyzed
15 by the Shapiro-Wilk test. After verifying the normal distribution of the variables, the
16 paired *t* test was used to compare the preoperative and 1 year postoperative results.
17
18
19
20
21

22
23 The sample size had an 80% power at the 0.05 level of significance with IRV as
24 the main variable.
25
26
27

28 29 **RESULTS** 30

31
32 The characteristics of the patients, such as age, BMI, weight and W/H ratio are
33 shown in Table 01. There was a significant reduction in the values of weight, BMI, and
34 W/H ratio 1 year after the surgery. However, these results were already expected. The
35 BMI value returned to normal in 7 patients and in the other 7, it lowered to the range
36 of overweight (25-30 kg/m²). Before surgery, 6 patients had hypertension, 4 had
37 dyslipidemia and 2 had diabetes. One year after the surgery, 3 patients continued with
38 hypertension and 1 with dyslipidemia. However, the diseases were less severe than in
39 the preoperative period.
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51

52
53 On analyzing the variables that measure lung volumes was observed that there
54 was a significant increase in the VC, FVC and FEV₁. However, when examining the
55 components of the VC separately, an increase in ERV and reduction of IRV, keeping the
56
57
58
59
60

1
2
3 VT unchanged after 1 year of surgery was observed. Furthermore, respiratory
4
5 endurance assessed by MVV also increased after weight loss (Table 01).
6
7

8
9 Moreover, in assessing respiratory muscle strength, it was recorded a reduction
10
11 in the values of MIP and MEP. However, only statistically significant for MEP (Table 01).
12
13

14 15 **DISCUSSION**

16
17
18 Based on the obtained results, it was established that 1 year after the RYGB
19
20 surgery, the patients showed a significant reduction in the measures of weight, BMI
21
22 and W / H ratio, and especially changes in the lung function tests, such as spirometry
23
24 and respiratory muscle strenght.
25
26
27

28
29 Studies by some authors (11,17) have shown an improved lung function in
30
31 patients evaluated after 1 year following weight loss induced by bariatric surgery, and
32
33 others have attributed this improvement mainly to the reduction in the W / H ratio. El-
34
35 Gamal et al. 2005 (18), found that the patients showed an improvement in dyspnea
36
37 and a reduction in the respiratory drive after weight loss induced by bariatric surgery.
38
39 In the present study, after one year of surgery, the patients showed increased lung
40
41 volumes and a tendency to decrease the respiratory muscle strength.
42
43
44
45
46

47
48 With respect to the volumes, an increase in VC, FVC and FEV₁ could be
49
50 observed after weight loss. Other authors have also found similar results in previous
51
52 studies (11,17,19-21). However, in this study, it was noted a finding still not published
53
54 and discussed in the literature: the IRV reducing associated with an increase of ERV.
55
56

57
58 The reduction of ERV is a major known change in the respiratory function
59
60 caused by obesity. According to Koenig 2001 (3), this fact is attributed to the reduction

1
2
3 of the diaphragm mobility in the chest. This is because the diaphragm is pressed
4
5 upwards due to the expanded abdominal volume of the obese individuals, which is a
6
7 mechanical disadvantage for this muscle. Besides these detrimental mechanical
8
9 aspects to the pulmonary function of obese individuals, Young et al 2003 (22) also
10
11 suggested that the reduction of the ERV could lead to an increase in areas of
12
13 atelectasis. As a result the ventilation/perfusion mismatch could be harmed, thereby
14
15 leading to arterial hypoxemia in those individuals.
16
17
18
19

20
21
22 Weiner et al 1998 (21), also revealed an increase of ERV after weight loss.
23
24 However, there is no report related to the reduction in IRV. Costa et al 2008 (23)
25
26 compared the pulmonary function in the obese and non-obese subjects. A higher IRV
27
28 and lower ERV in the first and the opposite in the other, with no significant changes in
29
30 the VC values between the groups were observed. According to the authors, this is due
31
32 to the problems in the chest mechanics of obese individuals, which could have resulted
33
34 in a compensatory increase in IRV by reducing the ERV caused by obesity, while
35
36 retaining an unchanged CV. Thus, in the present study there was a tendency to return
37
38 to the patterns of distribution of the lung volumes of the non-obese individuals in
39
40 studied patients. Therefore, the obtained results suggested that the weight loss
41
42 induced by bariatric surgery altered the chest mechanics, by a rearrangement of the
43
44 volumetric lung compartments inside the rib cage, especially for abdominal
45
46 descompression after weight loss of these obese patients.
47
48
49
50
51
52
53

54
55 El-Gamal et al 2005 (18), evaluated obese patients in the preoperative and 1
56
57 year after bariatric surgery, and found that the low value of ERV is related to increased
58
59 of respiratory drive and dyspnea, with improvement in these parameters after weight
60

1
2
3 loss. These results help to consolidate the hypothesis that obesity, by reducing ERV,
4
5 leads to a respiratory overload (inspiratory mainly), verified by the increase in dyspnea
6
7 and respiratory drive (18), leading to increased of IRV. And finally, after weight loss
8
9 these changes are reversed.
10
11

12
13
14 Another important variable that influences the lung function is the respiratory
15
16 muscle strength, and the available data in the literature are still few and controversial
17
18 about this variable after weight loss. Dávila-Cervantes et al 2004 (11) and Weiner et al
19
20 1998 (21) also measured MIP and MEP after bariatric surgery and found an increase in
21
22 these variables. Wadstrom et al 1991 (24), found a reduction in the respiratory muscle
23
24 strength after weight loss induced by bariatric surgery, in agreement with the results
25
26 of the present study. One explanation for this finding could be the loss of lean body
27
28 mass after bariatric surgery, as described by some authors (24-27).
29
30
31
32
33
34

35 The average weight loss with RYGB is 30% (28), which is similar to the results of
36
37 the present study. However, this loss is not only fat mass but also lean body mass.
38
39 Stegen et al (29) found a reduction in the lean body mass associated with a reduction
40
41 of static and dynamic muscle strength, whereby the authors suggested that physical
42
43 activity prevents the reduction of muscle strength after bariatric surgery. However,
44
45 one limitation of the present study was that it did not evaluate the lean body mass of
46
47 the patients.
48
49
50
51
52

53 Another hypothesis is that the reduced work of breathing in the obese
54
55 individuals achieved with weight loss (18), no longer exerted "training" on the
56
57 respiratory muscles of these individuals, thereby reducing the values of the respiratory
58
59 muscle strength.
60

1
2
3 Despite a trend to decrease the maximal static respiratory pressures - MIP and
4
5
6 MEP - there was an increase in MVV (a variable that evaluates the respiratory
7
8 endurance). This fact can be justified as the weight loss promotes an improvement of
9
10 the chest mechanics, increases the lung volumes (21), and reduces the work of
11
12 breathing (18).
13
14

15
16 Based on the obtained findings, it was concluded that weight loss induced by
17
18 bariatric surgery provides an improvement in the ventilatory mechanics, as evidenced
19
20 by the increase in lung volumes (ERV, VC, FVC and FEV₁) and respiratory endurance
21
22 (MVV) of obese women. Furthermore, the reduction in IRV appears to show a trend
23
24 distribution of static lung volumes in the pattern as seen in the non obese patients.
25
26 Additionally, there was also a tendency of reduction in the respiratory muscle strength,
27
28 which could be caused by a loss of lean body mass and a reduction in the work of
29
30 breathing after weight loss. However, further studies are warranted to confirm this
31
32 hypothesis.
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42

43 **ACKNOWLEDGMENTS**

44
45
46 The authors would like to thank the XXXXXXXXXX, the Laboratory of Respiratory Therapy
47
48 of XXXXXXXXX University – XXXXX and the XXXXXX.
49
50
51
52

53 **DISCLOSURE**

54
55
56 The authors declare that there is no conflict of interest or competing financial interest
57
58 related to the work described.
59
60

REFERENCES

- 1
2
3
4
5
6
7 1 - WHO. Obesity: Preventing and Managing the global epidemic. Report of a WHO
8
9 consultation. 2000; 894:i-xii, 1-253.
10
11
12 2 - Faintuch J, Souza SAF, Valexi AC, Sant'ana AF, Gama-Rodrigues JJ. Pulmonary
13
14 function and aerobic capacity in asymptomatic bariatric candidates with very severe
15
16 morbid obesity. *Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. S. Paulo* 2004; 59(4): 181-86.
17
18
19
20 3 - Koenig, SM. Pulmonary Complications of obesity. *Am J Med Sci.* 2001; 321(4): 249-
21
22 79.
23
24
25
26
27 4 – Santamaria F, Montella S, Greco L, et al. Obesity Duration Is Associated to
28
29 Pulmonary Function Impairment in Obese Subjects. *Obesity.* 10 February 2011,
30
31 doi:10.1038/oby.2011.1
32
33
34
35 5 - Lotti P, Gigliotti F, Tesi F, et al. Respiratory muscles and dyspnea in obese
36
37 nonsmoking subjects. *Lung.* 2005; 183: 311 – 23.
38
39
40
41 6 - Rasslan Z., Junior RS, Stirbulov R, Fabbri RMA, Lima CAC. Evaluation of Pulmonary
42
43 Function in Class I and II Obesity. *J Bras Pneumol.* 2004; 30(6): 508-14.
44
45
46
47 7 - Jones RL, Nzekwu MMU. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest.*
48
49 2006; 130: 827-33.
50
51
52
53 8 – Steele RM, Finucane FM, Griffin SJ, Wareham NJ, Ulf Ekelund. Obesity Is Associated
54
55 With Altered Lung Function Independently of Physical Activity and Fitness. *Obesity.*
56
57 2008, 17: 578–84. doi:10.1038/oby.2008.584
58
59
60

1
2
3 9 - Zarvosky GS, kim DJ, Sylvestre JL, Christou NV. Alveolar membrane diffusing
4 capacity improves in the morbidly obese after bariatric surgery. *Obes Surg.* 2008; 18:
5
6 256-63.
7
8

9
10
11 10 - Carvalho PS, Moreira CLCB, Barelli MC, et al. Cirurgia bariátrica cura Síndrome
12 Metabólica? *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2007; 51(1): 79-85.
13
14

15
16
17 11 – Davila-Cervantes A, Dominguez-Cherit G, Borunda D, et al. Impact of surgically-
18 induced weight loss on respiratory function: a prospective analysis. *Obes Surg.* 2004;
19
20 14: 1389-92.
21
22

23
24
25 12 - Zavorsky GS, Murias JM, Kim DJ, Gow J, Sylvestre JL, Christou NV. Waist-to-hip
26 ratio is associated with pulmonary gas exchange in the morbidly obese. *Chest.* 2007;
27
28 131: 362-67.
29
30

31
32
33 13 - Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. ATS/ERS task force. Standardisation of
34 spirometry. *Eur Respir J.* 2005; 26(2): 319–38.
35
36

37
38
39 14 - Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in
40 white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007; 33(4): 397-406.
41
42

43
44
45 15 – American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on
46 Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166(4): 518–624.
47
48

49
50
51 16 - Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function
52 tests. II – maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res.*
53
54 1999; 32(6): 719-27.
55
56
57
58
59
60

1
2
3 17 – Martí-Valeri C., Sabaté A., Masdevall C., Dalmau A. Improvement of associated
4 respiratory problems in morbidly obese patients after open Roux-en-Y gastric bypass.

5
6
7
8 *Obes Surg.* 2007; 17: 1102-10.
9

10
11 18 - El-Gamal H, Khayal A, Shikora S, Unterborn J. Relationship of dyspnea to
12 respiratory drive and pulmonary function tests in obese patients before and after
13 weight loss. *Chest.* 2005; 128: 3870–74.
14
15
16
17

18
19 19 – Wadstrom C, Muller-Suur R, Backman L. Influence of excessive weight loss on
20 respiratory function. A study of obese patients following gastroplasty. *Eur J Surg.* 1991;
21 157(5):341-46.
22
23
24
25
26

27
28 20 – Nguyen NT, Hinojosa MW, Smith BR, Gray J, Varela E. Improvement of restrictive
29 and obstructive mechanics following laparoscopic bariatric surgery. *Surg Endosc.* 2009;
30 23: 808-12.
31
32
33
34

35
36 21 – Weiner P, Waizman J, Weiner M, Rabner M, Magadle R, Zamir D. Influence of
37 excessive weight loss after gastroplasty for morbid obesity on respiratory muscle
38 performance. *Thorax.* 1998; 53:39-42.
39
40
41
42
43

44
45 22 - Young SS, Skeans SM, Austin T, Chapman RW. The effects of body fat on
46 pulmonary function and gas exchange in cynomolgus monkeys. *Pulm Pharmacol Ther.*
47 2003;16:313-19.
48
49
50
51

52
53 23 – Costa D, Barbalho MC, Miguel GPS, Forti EMP, Azevedo JLMC. The impact of
54 obesity on pulmonary function in adult women. *Clinics.* 2008; 63(6): 719-24.
55
56
57
58
59
60

1
2
3 24 – Wadstrom C, Muller-Suur R, Backman L. Influence of excessive weight loss on
4 respiratory function. A study of obese patients following gastroplasty. *Eur J Surg.* 1991;
5
6 157(5):341-46.
7
8

9
10
11 25 – Carey DG, Pliego GJ, Raymond RL. Body composition and metabolic changes
12 following bariatric surgery: Effects on fat mass, lean mass and basal metabolic rate: six
13
14 months to one year follow-up. *Obes Surg.* 2006; 16:1602-08.
15
16
17

18
19
20 26 – Carey DG, Pliego GJ, Raymond RL, Skau KB. Body Composition and metabolic
21 changes following bariatric surgery: Effects on fat mass, lean mass and basal metabolic
22
23 rate. *Obes Surg.* 2006; 16: 469-77.
24
25
26

27
28 27 – Olbers T, Bjorkman S, Lindroos A, Maleckas A, Lonn L, Sjostrom L, Lonroth H. Body
29 Composition, Dietary Intake, and Energy Expenditure After Laparoscopic Roux-en-Y
30
31 Gastric Bypass and Laparoscopic Vertical Banded Gastroplasty. A Randomized Clinical
32
33 Trial. *Ann Surg.* 2006; 244: 715-722.
34
35
36

37
38
39 28 – Pataky Z, Carrard I and Golay A. Psychological factors and weight loss in bariatric
40 surgery. *Curr Opin Gastroenterol.* 2011; 27:000–000
41
42 DOI:10.1097/MOG.0b013e3283422482.
43
44
45

46
47
48 29 - Stegen S, Derave W, Calders P, Van Laethem C, Pattyn P. Physical Fitness in
49 Morbidly Obese Patients: Effect of Gastric Bypass Surgery and Exercise Training. *Obes*
50
51 *Surg.* 2009; doi: DOI 10.1007/s11695-009-0045-y.
52
53
54
55
56
57
58
59
60

TABLE 01 – Values of age, weight, BMI, waist/hip (W/H) ratio, spirometry and respiratory muscle strength in preoperative and one year after surgery.

	Preop (n=14)	Postop (1 year) (n=14)
Age (years)	42.64 ± 14.48	X
Weight (kg)	104.55 ± 15.08	69.42 ± 11.00*
BMI (kg/m ²)	39.98 ± 3.42	26.45 ± 3.71*
W/H ratio	0.95 ± 0.08	0.86 ± 0.39*
VC (L)	3.08 ± 0.76	3.25 ± 0.65*
VC (%pred)	91.64 ± 11.96	96.35 ± 11.57*
VT (L)	0.65 ± 0.31	0.72 ± 0.31 ^{ns}
IRV (L)	1.95 ± 0.39	1.53 ± 0.42*
ERV (L)	0.45 ± 0.28	0.95 ± 0.43*
IC (L)	2.60 ± 0.51	2.26 ± 0.43*
FVC (L)	3.10 ± 0.84	3.40 ± 0.58*
FVC (%pred)	91.64 ± 16.01	100.93 ± 10.06*
FEV ₁ (L)	2.44 ± 0.72	2.81 ± 0.53*
FEV ₁ (%pred)	86.00 ± 15.21	100.14 ± 11.67*
MVV(L/min)	102.16 ± 23.16	111.94 ± 14.98*
MVV (%pred)	92.86 ± 16.72	104.78 ± 23.75*
MIP (cmH ₂ O)	74.28 ± 17.85	65.71 ± 18.69 ^{ns}
MIP (%pred)	82.48 ± 19.54	72.57 ± 18.26 ^{ns}
MEP (cmH ₂ O)	91.43 ± 23.15	81.78 ± 19.57*
MEP (%pred)	101.44 ± 27.51	91.13 ± 24.13*

BMI: Body Mass Index; VC: Vital Capacity; VT: Tidal Volume; IRV: Inspiratory Reserve Volume; ERV: Expiratory Reserve Volume; IC: Inspiratory Capacity; FVC: Forced Vital Capacity; FEV₁: Forced Expiratory Volume in one second; VVM: Maximum Voluntary Ventilation; MIP: Maximal Inspiratory Pressure; MEP: Maximal Expiratory Pressure. ns: not significant. * - p<0,05.